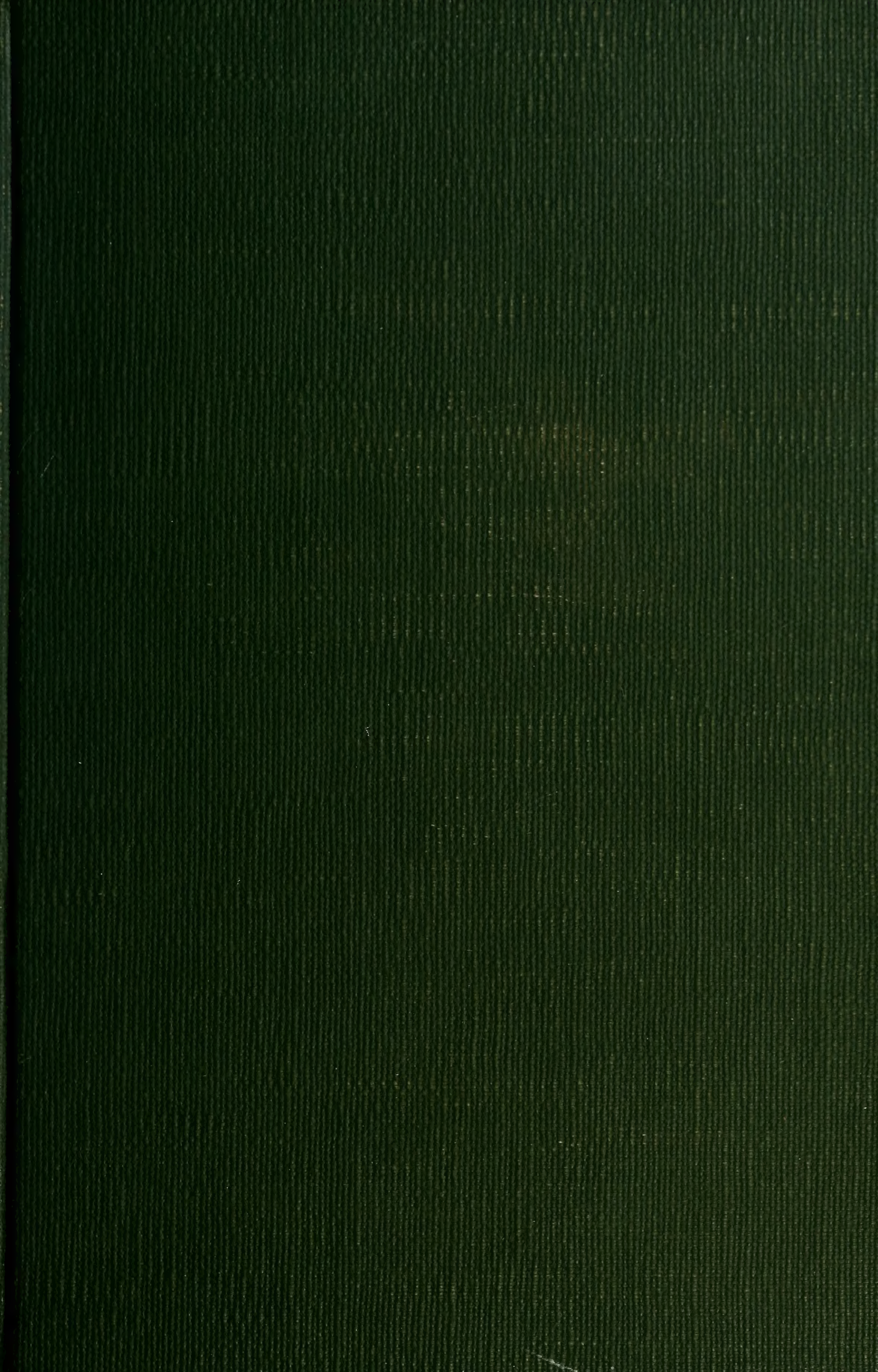
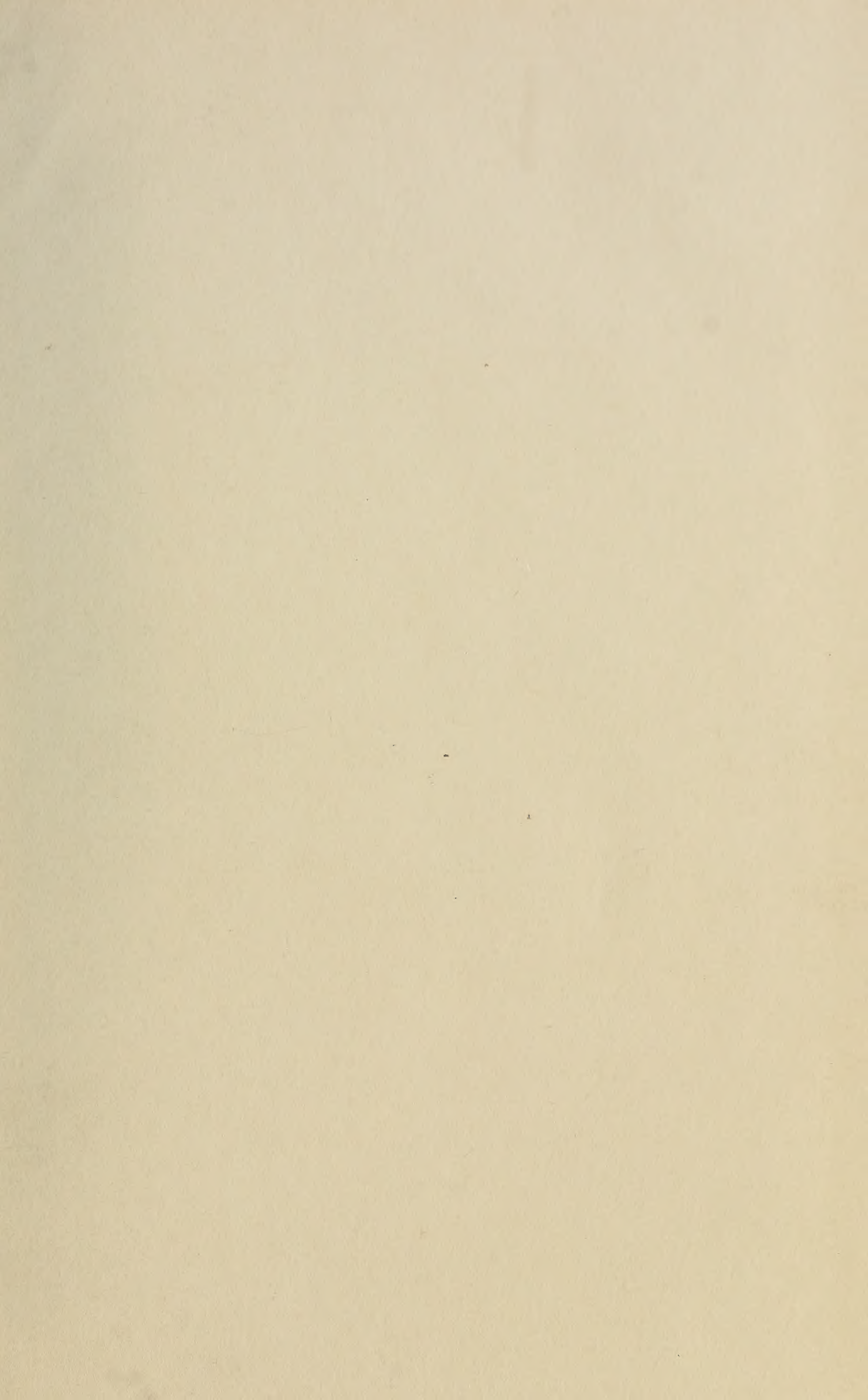
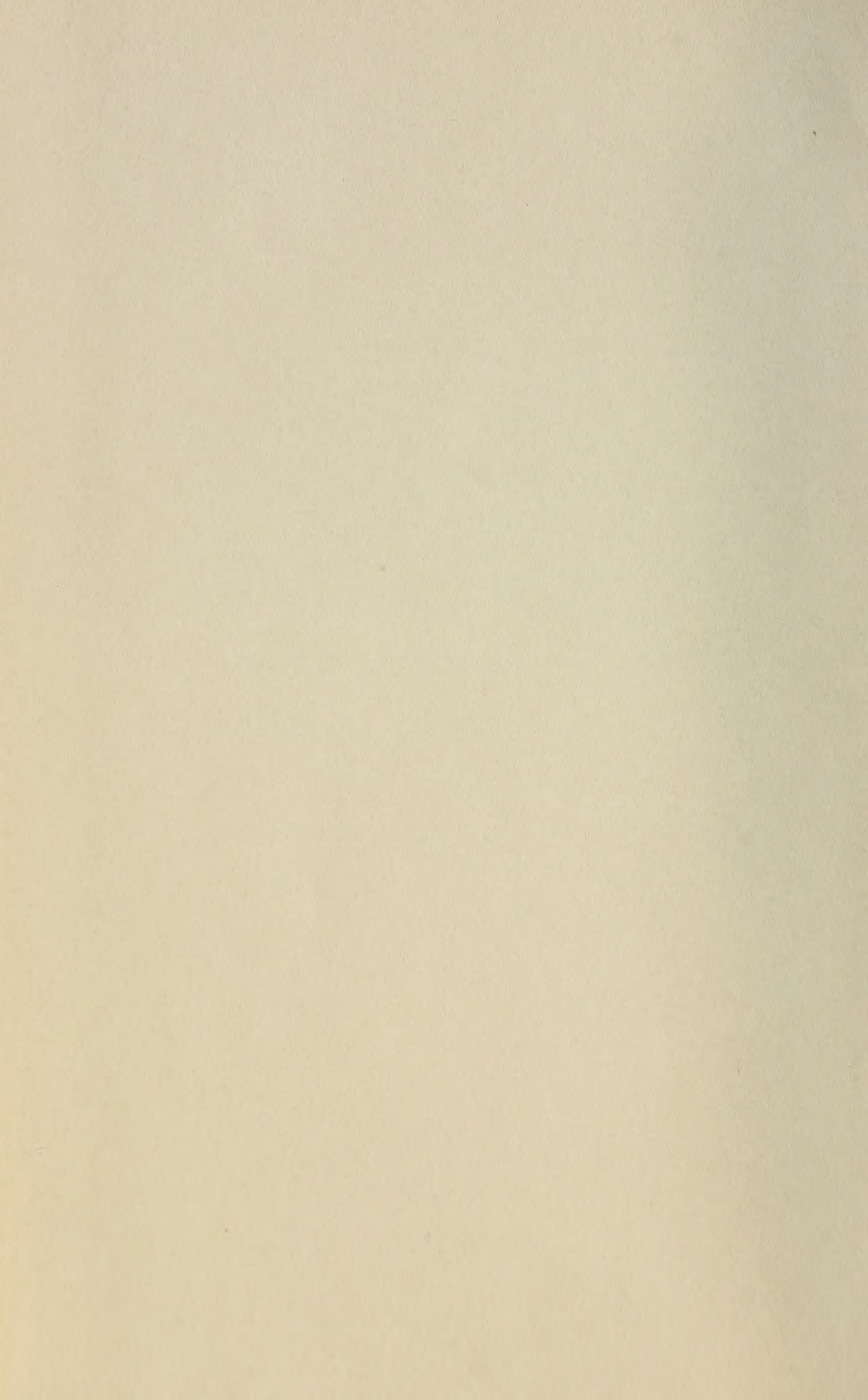


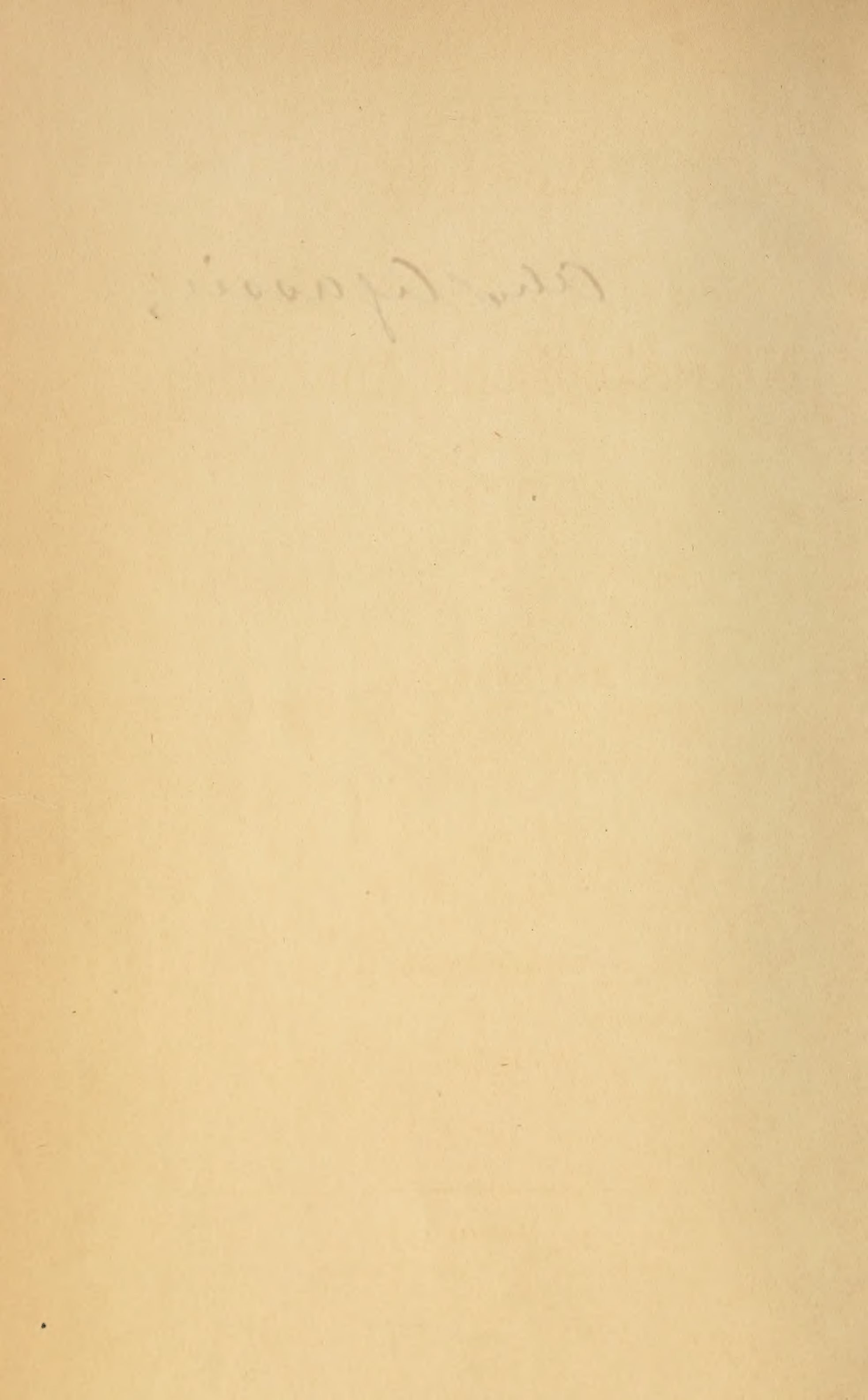








Alex Agassiz



Archiv

für

Mikroskopische Anatomie

herausgegeben

von

Max Schultze,
Professor der Anatomie und Director des Anatomischen Instituts
in Bonn.

Dritter Band.

Mit 24 Tafeln.

Bonn,
Verlag von Max Cohen & Sohn.
1867.

Inhalt.

Beiträge zur Physiologie der Phycochromaceen und Florideen.

Von

Dr. Ferdinand Cohn in Breslau.

Hierzu Taf. I u. II.

Ganz im Gegensatz zu der fast unerschöpflichen Mannigfaltigkeit morphologischer und entwicklungsgeschichtlicher Verhältnisse, welche die meisten Gattungen der Algen zeigen, sind die Phycochromaceen Rabenhorst Kryptogamenflora (Phycochromophyceae Rab. Alg. europ., Myxophyceae Stitzenberger in Rabenhorst's Algendecaden Dresden 1860), unter welcher Bezeichnung die Chroococcaceen Naegeli und die Oscillarineen Ktzg. (Nostochaceae L. Fischer, Naegeli) zusammengefasst werden, fast nur durch den gänzlichen Mangel an dergleichen Eigenthümlichkeiten ausgezeichnet. Denn die Zellen derselben erscheinen in allen Gattungen dieser Familie so absolut einförmig und gleichwerthig in ihrer flachcylindrischen oder kugligen Gestalt, und in ihrem homogenen oder gekörnten Inhalt, dass fast nur die relativen Dimensionen einen Anhalt zur Unterscheidung der einzelnen Arten darbieten; ebenso beschränkt sich ihr Wachsthum auf eine einfache Quertheilung der einzelnen Zellen, die auch bei den fädigen Formen meist gleichzeitig in allen Theilen des Fadens sich wiederholt, so dass eine Unterscheidung von Gipfel und Wurzel unmöglich ist, und bei den allermeisten auch keine wahre Astbildung stattfindet. Noch auffallender ist es, dass den Phycochromaceen, wenigstens nach unserer bisherigen Kenntniss, jede wahre Fort-

pflanzung abgeht; sie sind daher die einzigen bisher bekannten Organismen, denen nicht blos sexuelle Eizellen fehlen, sondern die es nicht einmal zur Erzeugung echter geschlechtloser Sporen gebracht haben, und die sich dadurch als die untersten aller Organismen erweisen. Die gewöhnliche vegetative Zelltheilung ist eben der einzige entwicklungsgeschichtliche Vorgang, dessen die Zellen der Phycochromaceae fähig scheinen, und nur die höheren Formen der Oscillarineen (Nostocheae, Scytonemeae, Rivularieae) haben es in ihren Zellen zu einer Unterscheidung von Uebergangs- und Dauergenerationen gebracht, von denen die letzteren zu einer gewissen Zeit ihre Theilungsfähigkeit verlieren, und sich dadurch gewissermassen als Knoten oder Grenzpunkte darstellen, an denen der Zellfaden leicht in kürzere Stücke zerbricht. Bei den Rivularieen und einem Theile der Nostocheen finden wir allerdings noch besondere Zellen, deren Function den Hypnosporen der Chlorosporeen analog ist, ohne doch in morphologischer und entwicklungsgeschichtlicher Beziehung denselben wirklich zu entsprechen. Denn ganz abgesehen von der Befruchtung, welche die Bildung der Hypnosporen in der Regel bedingt, sind auch alle wahren Sporen durch freie Zellbildung, einzeln oder zu mehreren in einer Mutterzelle entstanden, während die Sporen (Manubria) der Rivularien und Anabaenen gewöhnliche Vegetationszellen, wenn auch von eigenthümlicher Ausbildung und Grösse sind, aus deren Inhalt durch Theilung direct ein neuer Faden hervorgeht. (Vergleiche Thuret observations sur la reproduction des Nostochinées. Mém. de la société d. scienc. nat. Cherbourg tom. V; De Bary Beitrag zur Kenntniss der Nostocaceen Flora 1863.)

Je geringer demnach die morphologische und entwicklungsgeschichtliche Ausbeute, welche das Studium der Phycochromaceen darbietet, desto grösser ist das physiologische Interesse, welches sich an diese Organismen knüpft. Schon ihr Vorkommen bietet das Ungewöhnliche, dass diese Algen Localitäten bewohnen können und mit besonderer Vorliebe bewohnen, welche für alle anderen Pflanzen und Thiere unzugänglich sind. Es sind die starken und selbst gesättigten Lösungen der verschiedensten Säuren und Salze, welche noch Hygrocrocis-, Beggiatoa-, Leptothrix- und Oscillariaarten zu ernähren vermögen, selbst, wenn die Lösungen einem hohen Temperaturgrade ausgesetzt sind, der für alle andere Pflanzen tödtlich erscheint. Daher sind jene Gattungen die einzigen Repräsen-

tanten des Lebens in den heissesten Mineralquellen; ich habe in meiner Abhandlung »Ueber die Algen des Karlsbader Sprudels, mit Rücksicht auf die Bildung des Sprudelsinters« (Verhandlungen der Schlesischen Gesellschaft für vaterländ. Cultur. 1862, Heft II) nachgewiesen, dass der Karlsbader Sprudel zwar in seiner ursprünglichen Temperatur von 74° C. (59° R.) keine Thiere und Pflanzen duldet, dass derselbe aber, sobald seine Temperatur auf 54° C. (43° R.) abgekühlt ist, eine reiche Vegetation von Leptothrix, Oscillaria und Mastigocladus ernährt. Ueberall, wo heisse salz- oder schwefelwasserstoffreiche Quellen der Erde entströmen, sind Oscillarineen die ersten und meist die einzigen Ansiedler; ich selbst habe dies in Gastein, Karlsbad, Landeck, Baden bei Zürich, im heissen Schwefelcanal der Aqua Albula bei Tivoli, wie in dem warmen Abflusswasser der Fabriken bei Breslau bestätigt gefunden; nach andern Mittheilungen sind bei Nauheim und Aachen, auf Island und auf Ischia, in Albano und Warmbrunn Oscillarineen und Chroococcaceen (Chroococcus thermalis etc.) die einzigen Bewohner der heissesten Thermen. Diese Thatsache rechtfertigt eine allgemeine Betrachtung. Gar oft ist der Wissenschaft die Frage gestellt worden, welches wohl die ersten Organismen gewesen sein mögen, welche die Erde, nachdem sie überhaupt für lebende Wesen bewohnbar geworden, hervorgebracht habe. Gehen wir aber von der Voraussetzung aus, welche der ganzen heutigen Geologie zu Grunde liegt, dass nämlich der glühende Urzustand unseres Planeten durch allmähliche Abkühlung sich mit einer festen Rinde, und noch später mit einer Wasserhülle bedeckt habe, deren hohe Temperatur eine grosse Menge von Erden in Lösung gehalten, welche seitdem als Sedimentgesteine ausgefällt worden sind, so kennt die Wissenschaft keine anderen Organismen, welche unter solchen Bedingungen in dem heissen Urmeer existirt haben können als die Oscillarineen. So wie diese Algen sich noch heutzutage in jeder aus dem Erdinnern durch plutonische oder vulkanische Kräfte hervorbrechenden heissen Quelle ausschliesslich einfinden, so kann man mit hoher Wahrscheinlichkeit vermuthen, dass auch das Urmeer, nachdem es sich unter 60° C. abgekühlt, sich zu allererst mit Chroococcaceen, und Oscillarineen belebt habe [1]). Wer, wie Nägeli, die Gesammtheit der

---

1) In seinem Werke „über die fossile Flora der silurischen, devonischen und unteren Kohlenformation“ (Nova Acta Ac. Nat. Car. vol. XXVII) be-

Thiere und Pflanzen durch allmählige Vervollkommnung, Spaltung und natürliche Züchtung von einer einzigen Urform abzuleiten sucht,

---

richtet Goeppert als Ergebniss seiner Forschungen, dass „Landpflanzen bis jetzt in den ältesten silurischen Schichten fehlen; Seepflanzen, Confervaceen, Caulerpeen, Fuci und Florideae aus der Klasse der Algen beginnen die Vegetation, und treten wohl sogar noch vor den Thieren auf" (l. c. p. 147). Wenn es nun auch nicht möglich ist, nach den erhaltenen Resten mit voller Sicherheit die Gattungen jener fossilen Algen mit den lebenden zu vergleichen, so stehen doch jedenfalls die bis jetzt bekannten Thatsachen der Annahme nicht entgegen, dass die Vegetation mit Oscillarineen begonnen habe; wenigstens lassen sich die von Goeppert abgebildeten urältesten Pflanzen Oldhamia radiata A. Forbes und Forchhammera silurica Goepp. (l. c. Tab. XXXIV Fig. 1, 2 und 5) aus der untern silurischen Formation sehr wohl als Oscillarineen auffassen, wie dies auch für die erstere bereits Kützing und mit ihm in Uebereinstimmung Goeppert nach Untersuchung von Originalexemplaren gethan haben (l. c. p. 13). Zu dem Vorkommen von Oscillarineen in marinen Mutterlaugen geben vielleicht einen neuen Beitrag die merkwürdigen organischen Einschlüsse im Carnallit, insbesondere dem von Stassfurt. Im Mai 1866 theilte Ad. Göbel der petersburger Akademie mit, dass der zu Maman im südlichen Aderbeitjan (Persien) mitten im Steinsalz in Form karneolfarbener amorpher Klumpen vorkommende Carnallit beim Auflösen in Wasser ein gleiches Volumen einer rothen schleimigen Masse zurücklasse, in der das Mikroskop zahllose spiessige, äusserst feine Nadeln, sowie dunkle, runde, mitunter auch sechseckige Körperchen, ausserdem auch Pilzzellen und Diatomeenpanzer erkennen lasse. Er schloss aus dieser Structur auf einen organischen Ursprung der Carnallitklumpen und erklärte dieselben wegen der Schwammnadel-ähnlichen Einschlüsse für Schwämme (Spongien). Das nämliche Schwammnadelgewebe, aber erfüllt von schönen sechseckigen rothen Krystalltafeln und einzelnen Kieselpanzern (besonders Coscinodiscus), beschrieb Göbel im Juni 1865 als Rückstand beim Zerfliessen und Auflösen des Carnallit von Stassfurt, welcher (eine Verbindung von Chlorkalium und Chlormagnesium) den vorwiegenden Bestandtheil in der obersten 135 Fuss mächtigen Abtheilung der Abraumsalze bildet, die auf jenem, für die Wissenschaft wie für die Industrie gleich wichtigem, unerschöpflichem Steinsalzlager aufliegen.

Dagegen bestätigte J Fritzsche im August 1865, im Einvernehmen mit Weisse in Petersburg, zwar das Vorkommen der Nadeln im Carnallit von Stassfurt, stellte aber ihren organischen Ursprung in Abrede. Inzwischen hatte Gustav Rose in einer Sitzung der berliner geologischen Gesellschaft im Mai 1865 als Rückstand des aufgelösten Carnallit vegetabilische Substanz in Zellen und flockiger Anhäufung anerkannt; diese vegetabilische Substanz hat Kindt in Bremen für Zellen des Torfmooses (Sphagnum), Karsten in Berlin

würde in den Phycochromalgen den gemeinschaftlichen Ausgangspunkt für die aufsteigenden und divergirenden Reihen des Thier- und Pflanzenreichs zu suchen haben.

für Zellen einer holzartigen Pflanze, vielleicht einer Cycadee, Schimper in Strassburg für eine Oscillarie erklärt. Der Director und Monograph des Steinsalzwerkes in Stassfurt, Herr Bergrath Bischof, hatte die Güte, mich unter Mittheilung einer reichlichen Sendung von Carnallit zur Untersuchung der hier vorliegenden Controverse anzuregen.

Die Untersuchung bestätigte, dass beim Zerfliessen der Carnallitstücke in feuchter Luft oder in Wasser flockig schleimige Klümpchen zurückbleiben, welche durch zahllose beigemengte sechsseitige, schön zinnoberrothe Tafeln ($^1/_{400}$, $^1/_{20}$ bis zu $^1/_{17}$—$^1/_{12}$''' breit) oder gleichfarbige rhombische Säulen ($^1/_{650}$—$^1/_{130}$''' dick, bis zu $^1/_4$''' lang) roth gefärbt sind. Diese rothen Krystalle hat Bischof als Eisenglimmer bestimmt (Taf. II 7. c. d.). Dieselbe rothe Substanz kommt gleichzeitig in amorphen Körnchen und Klümpchen in grosser Quantität vor. Die Hauptmasse der Carnallitrückstände aber wird durch überaus zarte, nur mit vollkommenen Mikroskopen deutlich erkennbare, grade oder vielfach gekrümmte, parallel neben einander liegende, oder durch einander verfilzte Fäden gebildet, welche zum Theil zu häutigen Bildungen, Hohlräume umschliessend, sich aneinander lagern. Sehr regelmässige Quarzkrystalle, (Taf. II 7 6) sowie rhombische oder sechsseitige Krystalle von gelber Farbe und schöne farblose Octaeder unbekannten Ursprungs (7. a) kommen in den Carnallitrückständen seltener vor; dagegen habe ich nichts beobachtet, was als Sphagnum-, Cycas- oder Diatomeenzelle sich deuten liesse.

Die Fäden sind sehr lang, aber von verschiedener Dicke, jedoch auch die stärksten feiner, als dass sich ihr Durchmesser mit unseren Mikrometern genau bestimmen liesse; die stärksten Fäden sind gerade, oft kurz und scharf abgebrochen, röthlich; die feineren sehr biegsam, gelockt, ganz farblos; doch ist leicht zu erweisen, dass beide Formen zusammen gehören, indem die Fäden in der Mitte stärker, nach den Enden hin in die zarten Spitzen sich verjüngen (Taf. II 7). Die Zusammensetzung der Fäden lässt sich wegen der untrennbaren Beimischungen von Eisenglimmer etc. nur durch mikrochemische Reactionen ermitteln, scheint jedoch, nach ihrem Verhalten beim Glühen und ihrer Löslichkeit in Salzsäure zu schliessen, unorganischer Natur zu sein, oder doch reichliche Aschenbestandtheile (Eisen?) zu enthalten. Dies, sowie die ausserordentliche, nahe an die Grenzen unserer optischen Hilfsmittel streifende Feinheit der Fäden machen es schwierig, mit Bestimmtheit über ihren organischen Ursprung abzuurtheilen. Sollten die Fäden jedoch in der That sich als organische Bildungen ausweisen, so steht ihnen unter den bis jetzt bekannten Organismen keiner im äusseren Verhalten so nahe, als die Algen-Gattung Hygrocrocis, deren mit den Oscillarien nächst verwandte Arten in Form unendlich feiner, farbloser Fäden die salzreichen Mineralquellen, sowie die verschiedensten chemischen Lösungen, darunter sehr concentrirte

1. Ueber den Farbstoff der Phycochromaceen.

Ein Interesse anderer Art knüpft sich an den Farbstoff der Phycochromaceen. Bekanntlich ist das Chlorophyll derjenige Stoff, welcher allen Pflanzen (mit Ausnahme der nach Art der Thiere sich von organischen Verbindungen ernährenden Pilze und parasitischen Phanerogamen) zukommt; dass das Chlorophyll der Träger jener Thätigkeiten ist, welche den eigentlichen Lebenszweck der Pflanzen darstellen, dass nur vermittelst des Chlorophylls die lebendigen Kräfte des Sonnenlichtes in chemische Anziehungskraft umgesetzt und zur Zerlegung der Kohlensäure, des Ammoniaks und des Wassers, resp. zur Erzeugung organischer Verbindungen, der Kohlenhydrate und der Proteïnsubstanzen verwerthet werden, ist durch ältere wie neuere Forschungen im höchsten Grade wahrscheinlich geworden. Die Aushauchung von Sauerstoff im Sonnenlichte ist die am meisten in die Augen tretende Aeusserung dieser chemischen Processe, die einzig und allein an das Chlorophyll gebunden sind, während die Production der Baumaterialien für die Zelle, der Zellmembran wie des Protoplasma, die inneren Endresultate dieser Thätigkeiten sind. Es musste daher der Wissenschaft die Frage sich entgegendrängen, wie es sich mit den Algen verhalte, welche kein Chlorophyll besitzen. Nun sind aber die Phycochromaceen gerade durch ihren Farbstoff von den chlorophyllhaltigen Algen, den Chlorosporeen, scharf und sicher unterschieden. Ueber den Farbstoff der Phycochromaceen sind mir nur zwei Untersuchungen bekannt, die eine von Kützing (Physiologia generalis 1843 p. 20, Physiologia germanica 1845 p. 19), die andere von Nägeli (Einzellige Algen 1849 p. 5—8). Kützing führt unter den Farbstoffen der Algen das Phykokyan oder Tangblau auf, »welches fast bei

und allem anderen organischen Leben tödtliche, z. B. Schwefelsäure, Chromsäure, arsenige Säure, Chlorcalcium, bewohnen. Nur eine Hygrocrocis könnte in der concentrirten Mutterlauge des Urmeeres, aus welcher der Carnallit herauskrystallisirt ist, lebend gedacht werden. Sehr ähnlich ist den Fäden des Carnallit unter anderen die farblose oder kreideweisse Schleim-Alge, welche den Bodenschlamm des landecker Georgsbrunnens, sowie der badener Thermen darstellt, und als Hygrocrocis (Beggiatoa) leptomitiformis bestimmt wurde. Die Fäden des Carnallit von Stassfurt würden, ihren organischen Ursprung vorausgesetzt, eine neue, durch ihre nach den Enden sich verjüngenden, unmessbar dünnen Fäden charakterisirte Art der Gattung Hygrocrocis darstellen, die wir als H. (?) Bischofi bezeichnen können.

allen Oscillarieen, einigen Vaucherien, Lemania, Thorea, und Batrachospermum vorkomme, durch eine gelinde Gährung aus den Pflanzen austrete und sich am Boden des Gefässes als blaue Flüssigkeit absetze, die zu einer blauen Masse eintrockne.« Nägeli wirft den Kützingschen Untersuchungen mit Recht vor, dass jener Farbstoff durch Maceration gewonnen sei, wodurch nicht ein reiner Stoff, sondern möglicherweise ein Gemenge erhalten werde; höchst unwahrscheinlich (und auch factisch unrichtig) sei es, dass die Oscillarien und Vaucherien bei der Maceration denselben Farbstoff liefern sollen. Kützing gebe als Eigenschaften des durch Maceration gewonnenen Phykokyans an, dass dasselbe durch verdünnte Säuren nicht, oder nur insofern verändert werde, als ein reineres Blau entstehe und die geringe Beimengung von Roth verschwinde, während es durch Säuren augenblicklich entfärbt werde; dagegen fand Nägeli an dem unveränderten Farbstoff der Oscillarien, dass derselbe unter dem Mikroscop durch Säuren orange, schmutziggelb, bräunlich ziegelroth oder röthlich, durch Alcalien grünlichgelb, gelb, goldgelb oder bräunlichgelb werde. Der Pflanzenphysiolog habe sich zunächst an die Erscheinungen an der lebenden Pflanze zu halten; demzufolge bezeichnet Nägeli den Farbstoff der Oscillarieae und Verwandten (Nostochaceen Näg.) als Phycochrom. Das Phycochrom sei nicht rein gelbgrün wie das Chlorophyll, sondern blau oder spangrün, oder auch orange, ziegelroth, violett, kupferroth, am seltensten blau, gelb und weinroth, bei einzelnen Zellen verändert sich die Farbe während ihrer Lebensdauer. Das Phycochrom sei in den Zellen ungelöst; wo Vacuolen im Zellinhalt vorhanden sind, sei bloss der Schleim gefärbt, die wässrige Flüssigkeit farblos; durch Kochen werde das Phycochrom nicht ausgezogen, noch das Wasser in den Vacuolen gefärbt, eben so wenig durch verdünnte Alcalien und Säuren, welche aber die Farbe verändern. Naegeli unterscheidet als Hauptnuancen des Phycochrom das orangefarbene (Phycoxanthin) und das blaugrüne Phycocyan, welches letztere demnach von dem gleichnamigen Kützingschen Farbstoff (der nur ein Macerationsproduct sei), verschieden ist.

In L. Fischers Dissertation, Beiträge zur Kenntniss der Nostochaceen, Bern 1853, wird die röthlich-gelbe Nuance des Phycochrom als Phycoerythrin Naeg. bezeichnet (vergleiche hierüber später).

Die Nägeli'schen Ansichten sind von allen späteren Phycologen angenommen worden und die Oscillarineen in Gemeinschaft mit

den Chrooccocaceen daher als Phycochromalgen, nach Rabenhorst geradezu als Phycochromaceae bezeichnet worden. Ausser diesen und den schon von Kützing erwähnten Gattungen Lemania, Batrachospermum, Thorea, Campsopogen und einigen andern Algen kommt das Phycochrom nur noch in den Gonidien einer grossen Anzahl von Flechten und zwar bei allen Gallertflechten, aber auch bei vielen strauch- und laubartigen Lichenen vor (Collemaceen, Ephebaceen, Pannariaceen, Lichina, Arten von Sticta, Endocarpon etc., vergleiche Schwendener: Untersuchungen über den Flechtenthallus der Laub- und Gallertflechten in Naegelis Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik Heft III p. 134, 147 u. a. a. O.)

Die Unterscheidung des Phycochroms als eines durch seine Farbe ohne Weiteres charakterisirten Pigments, dessen Gegenwart das Chlorophyll ausschliesst, rechtfertigt sich vollkommen, um so mehr, als dieser Farbstoff nicht bloss durch seine Nuance selbst mit blossem Auge sofort vom Chlorophyll unterschieden werden kann, sondern auch einen hohen systematischen Werth besitzt, da er eine höchst natürliche Algenklasse am leichtesten charakterisirt.

Um so wichtiger ist es festzustellen, wie sich die Phycochromalgen in Bezug auf die Respiration und die Production organischer Substanz verhalten, resp. ob und inwieweit das Phycochrom die physiologische Bedeutung des Chlorophylls besitzt.

Ich habe zu meinen Untersuchungen vorzugsweise eine Anzahl von Phycochromalgen benutzt, welche sich in meinem Seeaquarium entwickelt und ausserordentlich vermehrt hatten. (Siehe darüber meinen Aufsatz über Cultivirung der Seealgen; Jahresbericht der botan. Section der Schlesischen Gesellschaft 1865; sur la culture des algues marines im Bulletin de Congrès de Botanique et d'Horticulture, Amsterdam, Avr. 1865.) Es war insbesondere eine Spirulina, die zuerst Anfang März 1865 als ein prächtig purpurrother Anflug auf den Schalen lebender Serpula erschien, allmählich aber um sich griff und alle Steine und Felsstücke auf dem Grunde des Seewassers überzog. Dabei veränderte sich die purpurrothe Farbe bald ins Schwärzlich-Spangrüne, doch so, dass spangrüne Fäden in immer grösserer Zahl sich zwischen den purpurrothen einmengten; jedoch fehlten auch die rothen Fäden niemals gänzlich, und namentlich die dem Lichte unmittelbar zugekehrten Flächen der Glaswand waren von rothen Häuten bekleidet. Die Spirulina vermehrte sich von Tag zu Tag ins Masslose, überzog schliesslich alle Gegen-

stände im Aquarium, so dass der ursprüngliche Kiesgrund völlig unter ihrer Decke verschwand; selbst die lebenden Algen und Thiere, namentlich die Madreporen, Serpulen und Sabellen wurden von der Spirulina eingehüllt, verunstaltet und schliesslich sogar getödtet. Dabei entwickelten sich an allen Stellen ihrer Oberfläche zahllose Gasblasen, so dass das Wasser im Sonnenlicht schäumte, als ob es siedete; noch grössere Blasen wurden von den dichten schleimigen Filzmassen zurückgehalten, und von Zeit zu Zeit stiegen diese Gasblasen in die Höhe, indem sie grosse schwarze Gallertklumpen der Spirulina mit sich an die Oberfläche rissen; diese schwammen nun oben, breiteten sich aber strahlig weiter aus, so dass sie die Wasseroberfläche in dünnen Häutchen übersponnen. Diese masslose Entwicklung der Spirulina dauerte den ganzen Sommer und Herbst 1865 hindurch, und verminderte sich erst im Winter wieder etwas; im Sommer 1866 verschwand sie allmählich. In dem grossen Seeaquarium in Hamburg ist diese Spirulina ebenfalls reichlich entwickelt; da aber ihre Vermehrung daselbst mehr in Schranken gehalten ist, so dient sie, als ein sammtartiger, leuchtend spangrüner oder prachtvoll purpurrother Ueberzug der Felsen denselben zu einer ganz besonderen Zierde. Ich habe dieselbe Art, welche durch den Wechsel der rothen und spangrünen Farbe leicht charakterisirt ist, im Herbst 1865 auch in Helgoland auf Serpularöhren, die aus tiefer See mit dem Schleppnetz heraufgeholt wurden, angetroffen und als Spirulina versicolor bezeichnet; ich halte dieselbe für eine neue Art, deren Diagnose ich unten anschliesse [1]).

---

1) Spirulina versicolor nov. spec. S. vivide mobilis filamentis praelongis tenerrimis aerugineis vel purpureo violaceis in stratum gelatinosum vel mucilaginosum atropurpureum vel nigro chalybeum intricatis anfractibus densissime approximatis 11—12 in 0,01''', 5—6 in 0,01 mm.; diameter spirae 0,0045 mm. = $^1/_{600}$'''; filamentorum 0,002 mm. = $^1/_{1000}$''';

Conchas calcareas nec non lapides in Aquario marino induit ibique immense multiplicatur. Hamburgae et Vratislaviae; etiam sponte crescens in lapidibus submarinis prope Helgoland; color inter purpureum et aerugineum vagatur.

Sp. versicolor Cohn in litt. Rabenhorst flora europaea Algarum aquae dulcis et submarinae II 1865 p. 292 character emendatus! (Taf. I fig. 2).

In den verschiedenen phycologischen Werken werden mehrere sehr eng gewundene Spirulinen aus dem Meere aufgeführt, die zum Theil sehr schwer zu unterscheiden, oder auch in Wirklichkeit gar nicht unterschieden sind. Rabenhorst führt als solche auf: Spirulina subsalsa Ktz., tenuissima Kg., Hut-

In Gesellschaft der Spirulina gedeiht im Aquarium in ähnlicher Ueppigkeit nur Derbesia marina; spärlicher findet sich, purpurne Häutchen bildend, eine rothe Oscillaria, deren Fäden kurz, steif, an den Gelenken der fast quadratischen Zellen etwas eingeschnürt, an der Spitze sehr verdünnt und gewöhnlich gekrümmt erscheinen. Auch von dieser Species, die ich für neu halte, und als Oscillaria rubiginosa nov. spec. bezeichne, lasse ich die Diagnose unten folgen [1]; sie scheint der O. terebriformis Ag. von Carlsbad am nächsten verwandt zu sein.

Spirulina versicolor ist nicht blos dadurch interessant, weil sie den auch sonst schon bekannten Farbenwechsel aus der grünen in die purpurne Modification des Phycochroms repräsentirt, sondern insbesondere darum, weil diese oft auf der Oberfläche des Seewassers schwimmende Art eine eigenthümliche Form der von verschiedenen Schriftstellern erwähnten rothen Meeresfärbungen veranschaulicht, über welche Ehrenberg jüngst in der Sitzung der berliner naturforschenden Gesellschaft (vom 20. Februar 1866) Vortrag gehalten hat. Derselbe führte alle von den verschiedenen Seefahrern

---

chinsiae Kg., Thuretii Coruan. Letztere stimmt in den Dimensionen, sowie in der äusseren Form sehr nahe mit unserer versicolor überein (vergleiche die Abbildung in Le Jolis Liste des algues marines de Cherbourg Paris 1863. Pl. I. fig. 1). Ich finde den Unterschied nur in dem so charakteristischen Farbenwechsel, in Folge dessen ein Präparat der Spirulina versicolor mit dem Farbencontrast ihrer unter einander geworrenenen purpurnen und spangrünen überaus dicht gewundenen Schraubenfäden eins der zierlichsten mikroskopischen Bilder gewährt (vergl. die Figur auf Tab. I).

1) Oscillaria rubiginosa nov. spec. filamentis rigidis vel crispe implexis non vaginatis pulcherrime purpureis tenuibus ad genicula leviter constrictis apice valde attenuatis curvatis Diameter filamentorum 0,003 mm. — $^1/_{700}$''', cellulis aequilongis vel duplo longioribus vix granulosis. Longitudo filamenti $^1/_2$''' = 1 mm.

Hieme 1866 inter Spirulinam versicolorem ad parietes aquarii marini interspersa maculas purpureas constituit; mobilem non vidi! (Taf I fig. 3).

Eine dieser interessanten durch ihre Farbenpracht ausgezeichneten Oscillaria entsprechende Species aus dem Meere finde ich noch nicht angezeigt; doch sind mehrere Oscillarien von rother oder violetter Farbe aus den süssen Wassern bekannt, wie die aus der Rabenhorst'schen Flora europaea entnommenen Bezeichnungen der Species: Oscillaria cruenta Grun., purpurascens Brügg., Kütz., purpureo coerulea Mart., purpurea Hook, violacea Johnst., violascens (Froelichii) Rab., rufescens (nigra) Kg., rubescens Del. andeuten.

gemachten Angaben rother Seestreifung (Fischroggen-, Sägespänsee) vom Cap, der chinesischen, brasilischen See und anderwärts auf die von ihm selbst im rothen Meere entdeckte, in Bündeln vereinigt lebende rothe Oscillarie, Trichodesmium erythraeum Ehr. zurück; die gleichzeitig vorkommenden, gelblichen oder grünlichen Färbungen betrachtet er als Jugendzustände der rothen. Die rothe Wasserblüthe des See von Murten durch Oscillaria rubescens hat schon de Candolle erwähnt; dieselbe Art ist seitdem auch im See von Varese aufgefunden worden. Auch die ebenfalls durch Phycochrom gefärbte Polycystis (Palmella) Ichthyoblabe, welche gewöhnlich eine spangrüne Wasserblüthe in Teichen und Tümpeln verursacht, kömmt mitunter rothviolett vor (var. purpurascens A. Braun in Rabenhorst Krypt.-Flor. v. Sachsen p. 74; Flora europaea p. 58, wo sie Ehrenberg mit Unrecht als fehlend aufführt).

Die üppige Entwicklung der Spirulina versicolor in meinem Seeaquarium gab mir Gelegenheit, die von ihr massenhaft aufsteigenden Gasbläschen in einem Reagenzgläschen aufzusammeln, und durch Aufflammen einer hineingehaltenen glühenden Kohle den Reichthum dieser Luft an Sauerstoff nachzuweisen, wenn auch zu einer genaueren endiometrischen Probe die mir zu Gebote stehende Gasmenge nicht ausreichte. Dass die von Oscillarien entwickelte Luft hauptsächlich Sauerstoff sei, hat nach Kützing Phyc. gen. p. 90 schon Priestley gefunden. Wenn hiernach, wie nach der ganzen Lebensweise der Oscillarien zu schliessen, in physiologischer Beziehung das Phycochrom dem Chlorophyll offenbar sich gleichwerthig verhält, so war eine Untersuchung jenes Farbstoffs um so dringender geboten. Ich habe in Folgendem ausschliesslich die blaugrüne Modification des Phycochrom, von der allein mir reichlicheres Material zu Gebote stand, genauer betrachtet; über die purpurrothe, die in anderer Beziehung ein eigenthümliches Interesse bietet, kann ich nur vereinzelte Beobachtungen einschieben.

Die mikrochemischen Reactionen der lebenden Spirulina versicolor gaben im Allgemeinen die schon von Nägeli erwähnten Eigenthümlichkeiten des Phycochrom: Zusatz von Amoniak färbt die spangrünen Fäden gelblichgrün; Salzsäure, nachträglich zugefügt, färbt gelbbraun; eine ähnliche gelbbraune Färbung veranlasst auch Salzsäure direct zugesetzt; Schwefelsäure dagegen greift die Fäden heftiger an und lässt eine blaugrüne Flüssigkeit austreten, ähnlich, wie dies beim Chlorophyll geschieht. Auch Salzsäure färbt

bei längerer Einwirkung die Fäden blaugrün, ohne sie jedoch aufzulösen, wie dies auch bei Chlorophyllhaltigen Algen der Fall ist.

Dass die Phycochromalgen beim Auftrocknen auf Papier sich mit einem blauen Rande umziehen, ist schon längst bekannt, und hat eben Kützing zur Aufstellung seines Phykokyan veranlasst. Dieser Forscher fand auch, dass zur Bildung des blauen Farbstoffs eine »geringe Gährung« erforderlich ist; in der That bildet sich der blaue Rand nicht, wenn frische Oscillarien schnell auf Papier auftrocknen, sondern nur, wenn das Wasser lange genug auf dem Präparat stehen bleibt, um eine Extraction zu bewirken.

Meine Untersuchungen haben ergeben, dass das Phycochrom ein zusammengesetzter Körper ist, der wahrscheinlich an das Protoplasma innig gebunden, im Leben der Algen in Wasser unslöslich ist. Daher lassen die lebendigen Algen keinen Farbstoff durch Exosmose in das umgebende Wasser diffundiren; auch die in grösseren Zellen oft zahlreich sichtbaren Vacuolen enthalten nur ungefärbtes Wasser. Durch das Absterben der Zellen werden deren endosmotische Eigenschaften verändert, und das umgebende Wasser tritt von Aussen in die Zellhöhle ein und mit dem Zellinhalt in Wechselwirkung. Alsdann spaltet sich das Phycochrom in zwei Körper, in einen blauen, der sich in Wasser löst, in Alcohol aber unlöslich ist, und in einen grünen, der sich in Wasser nicht, wohl aber in Alcohol und Aether löst.

Zur Erläuterung des hier Gesagten mache ich darauf aufmerksam, dass das Protoplasma der lebenden Zelle ganz allgemein die Farbstoffe zurückhält und ihre Exosmose verhindert, selbst solcher, die in Wasser leicht und in allen Verhältnissen löslich sind. Nägeli in seinem wichtigen Aufsatze über den Primordialschlauch hat vom Erythrophyll und dem Anthocyan nachgewiesen, dass dieser rothe oder blaue Farbstoff der Blätter und Blüthen, obwohl stets im Wasser gelöst, niemals durch den Primordialschlauch einer lebenden Zelle diosmirt, selbst dann nicht, wenn der Zelle durch stärker concentrirte Flüssigkeiten das Lösungsmittel des Farbstoffs, das Wasser, zum grössten Theil entzogen wird; in solchem Fall kann die Farbstofflösung innerhalb der Zelle so übersättigt werden, dass sich ein grosser Theil des Farbstoffs im Innern des Zelllumens in Tropfen

ausscheidet, während gleichwohl das Wasser ausserhalb der Zelle farblos bleibt. Sobald aber die Zelle abstirbt, diffundirt sofort das Anthocyan durch die Zellwand nach aussen, so dass nun auch die umgebende Flüssigkeit gefärbt wird.

Ich werde im Verlauf dieses Aufsatzes zeigen, dass eine ähnliche Verschiedenheit im Verhalten des Farbstoffs bei lebenden und todten Zellen, wie ich sie für die Oscillarien nachgewiesen, auch bei den Florideen stattfindet. Dass auch das gewöhnliche Chlorophyll durch das Absterben der Zellen augenblicklich eine Veränderung erleidet, welche sich in verändertem optischen Verhalten documentirt, wurde von Göppert und mir schon im Jahre 1849 (Bot. Zeit. von Mohl und Schlechtendal 1849) für die Chlorophyllkügelchen von Nitella nachgewiesen, welche nach dem Tode der Zelle sofort undurchsichtig werden, und die beim Leben nur undeutlichen Stärkekörnchen alsdann deutlich markirt zeigen.

Uebergiesst man in einem Glascylinder eine Quantität reiner Spirulina versicolor mit süssem Wasser, so senkt dieselbe sich als schwarzer Schleimklumpen zu Boden, wenn anders die adhärirenden Luftbläschen entfernt sind. Nach einem oder mehreren Tagen (auf das Früher oder Später hat die Temperatur Einfluss) tritt aus der Spirulinenmasse eine klare prachtvoll indigoblaue Flüssigkeit, welche alle Zwischenräume zwischen der Algenmasse ausfüllt, und sich zuerst unterhalb der letzteren anhäuft, bald aber auch an der Oberfläche des Algenklumpen sich ansammelt, und eine allmählich an Höhe zunehmende, mehrere Linien hohe blaue Schicht bildet. Diese wird von Stunde zu Stunde intensiver gefärbt; lässt man jedoch die Flüssigkeit unberührt, so mischt sich dieselbe nicht mit dem Wasser; vielmehr blieb bei einem Experiment am 18. April das Wasser oberhalb der blauen Schicht 8 Tage lang ungefärbt, was auf ein hohes specifisches Gewicht der blauen Flüssigkeit hindeutet. Wird dagegen der Glascylinder geschüttelt, so mischt sich die blaue Schicht vollständig und in beliebigem Verhältnisse mit dem Wasser. Ein Spirulinenklumpen von 5 Gramm Gewicht kann eine Wassermenge von 50—60 Gramm intensiv indigoblau färben.

Filtrirt man die nach einigen Tagen fast vollständig extrahirte Algenmasse durch Fliesspapier, so erhält man eine vollkommen klare, prachtvoll blaue Flüssigkeit, während auf dem Filter der Spirulinenklumpen zurückbleibt; die Fäden sind bei längerer Mace-

ration zum Theil in ihre einzelnen Zellen zerbröckelt, daher pulverig, und jetzt von rein grüner (nicht mehr spangrüner) Farbe. Wird der extrahirte Spirulinenklumpen, der nun etwa gekochtem Spinat ähnlich sieht, nach Ausziehen des blauen Farbstoffs mit Alcohol, oder noch besser mit einem Gemisch von Alcohol und Aether übergossen, so färbt sich die Flüssigkeit prachtvoll rein grün, und zeigt mit dem Spectroscop die bekannten Absorptionsstreifen des Chlorophyll im Roth: den einen von A—B, mit einem prächtig rothen Anfangsstreifen nach dem Wärmespectrum hin, ein zweites Band im Orange bei C, ein drittes an der Gränze zwischen Gelb und Grün, endlich eine Absorbtion der blauen Strahlen von F an (Fig. 1 B. Taf. I). Ebenso erzeugt Sonnenlicht durch eine Sammellinse concentrirt, den bekannten rothen Fluorescenzkegel in der grünen Lösung.

Nach der Extraction des Chlorophylls durch Alcohol bleiben die Spirulinenfäden fast entfärbt zurück; dass sie aber noch einen Rückstand von Chlorophyll enthalten, lässt sich leicht daraus nachweisen, dass dieselben, mit Schwefelsäure übergossen, sich mit grünlichblauer Farbe auflösen: bekanntlich das einfachste mikrochemische Reagens auf Chlorophyll.

Man kann das Chlorophyll auch direct, ohne vorherige Maceration mit Wasser, durch Uebergiessen einer lebendigen Spirulinenmasse mit Alcohol oder Alcohol-Aether in derselben Reinheit extrahiren. Es stellt sich dabei heraus, dass der in Wasser lösliche blaue Farbstoff, in Alcohol unlöslich ist. Die Extraction des Chlorophylls aus lebenden Algen mit Hülfe von reinem Aether hat dagegen grössere Schwierigkeiten, weil das den Spirulinen adhärirende Seewasser sich ausserordentlich schwer mit dem Aether mischt; immer setzt sich, selbst nach wiederholtem Schütteln, der Algenklumpen scharf abgeschnitten zu Boden des farblos bleibenden Aether; erst nach wiederholtem Durchschütteln bilden sich grüne Tropfen, die jedoch beim Stehen sich sofort wieder zu Boden senken, und den darüber stehenden Aether farblos lassen; erst wenn das Schütteln sehr lange Zeit fortgesetzt ist, bilden sich drei verschiedene Schichten, indem sich der Aether grün färbt, während am Grunde sich zuerst die Algenmasse, und darunter das farblose Seewasser absetzen.

Aus allen diesen Versuchen ergiebt sich zunächst, dass die Phycochromalgen ebenfalls Chlorophyll enthalten, so

gut wie alle übrigen Pflanzen, und es müssen unzweifelhaft die sämmtlichen Lebensthätigkeiten dieser Algen, insbesondere die Ausscheidung des Sauerstoffs im Sonnenschein, ihrem Chlorophyllgehalt zugeschrieben werden.

Bei den meisten Pflanzen bildet das Chlorophyll sich nur im Lichte; bei Abwesenheit von Licht entsteht nicht nur kein Chlorophyll, sondern das schon vorhandene verschwindet allmählich, die Pflanzen werden etiolirt, wachsen nicht weiter und sterben ab. Ich suchte zu ermitteln, wie sich die Spirulinen im Dunklen verhalten. Zu diesem Zwecke brachte ich einen Spirulinaklumpen in ein durch einen Deckel verschliessbares Gefäss mit Seewasser. Aber selbst nach mehr als 4 Wochen Aufenthalt im Dunklen schienen die Spirulinen nicht zu leiden; sie waren lebendig, und nicht bemerklich blasser. Hieraus folgt, dass diese Pflanzen auch bei Abwesenheit von Licht fortvegetiren; ob sie sich dabei auch vermehren und wachsen, ist eine andere Frage. Ich muss hierbei darauf aufmerksam machen, dass nach den Versuchen von Sachs, Mohl, Böhm sich auch bei den keimenden Pinien etc. Chlorophyll im Dunklen erzeugt, und dass A. v. Humboldt chlorophyllgrüne Algen (Fucus vitifolius = Codium) in einer Tiefe von 32 Faden, und Harvey eine Anadyomene in einer Tiefe von 20 Faden, also in fast völliger Dunkelheit durch das Schleppnetz heraufgeholt hat.

In dem Phycochrom der Spirulinen ist nun das Chlorophyll mit einem zweiten blauen Farbstoff verbunden, der, wie wir oben gesehen, in Alcohol unlöslich, aber in Wasser löslich ist; ich bezeichne diesen blauen Farbstoff als Phycocyan, da er im Allgemeinen mit dem von Kützing unter diesem Namen bezeichneten Körper übereinstimmt, obwohl dieser Forscher allerdings darunter den gesammten Farbstoff der Oscillarien (Nägelis Phycochrom) zu verstehen scheint, auch die Reactionen desselben in Folge ungenauer Untersuchung zum grössten Theil unrichtig angiebt.

Wenn das Phycocyan durch Fliesspapier filtrirt wird, zeigt es eine eigenthümliche Erscheinung. Durch Capillarität steigt die blaue Flüssigkeit im Filtrirpapier in die Höhe, wobei sie immer blasser und mehr röthlich erscheint; ist das Filter klein, so erreicht die Flüssigkeit bald den Rand des Papiers und es stellt sich beim Eintrocknen des Papiers heraus, dass nur dieser Rand intensiv indigoblau gefärbt ist, während die übrige Fläche ganz blass röth-

lich erscheint. Mit der Zeit wird die Papierfläche sogar wieder farblos, während der blaue Rand unverändert bleibt.

Noch genauer lässt sich diese Erscheinung verfolgen, wenn man einen grossen Tropfen Phycocyanlösung auf Fliesspapier bringt. Man sieht dann, wie die Flüssigkeit, indem sie in den Capillarräumen des Papiers fortschreitet und sich demgemäss in immer grösserem Kreise ausbreitet, gleichzeitig auch zerlegt wird. So bilden sich auf dem Papier concentrische Ringe verschiedener Färbung; am schnellsten und weitesten schreitet das farblose Wasser vor, dann folgt der blaue Farbstoff, der schliesslich einen breiteren oder schmäleren Ring bildet, aber an seiner Peripherie noch von einem farblosen Wassersaume umgeben ist. Der Mittelraum des Tropfens erscheint blassröthlich, und wird mit der Zeit farblos. Ich lasse dahingestellt, ob diese röthliche Farbe von einer weiteren Zerlegung des Phycocyans in einen blauen und rothen Farbstoff, oder nur von einer röthlichen Färbung des Phycocyans in sehr dünnen Schichten herrührt. Dieses Zerlegen der Phycocyanlösung durch Capillarität lässt sich auch an jeder auf Papier aufgeklebten Phycochromalge erkennen, indem auf dem Papier der blaue Saum stets durch einen farblosen Zwischenraum von der aufgetrockneten Alge getrennt ist.

Um zu ermitteln ob die blaue Farbe der durch Exosmose aus den Spirulinazellen austretenden Flüssigkeit eigenthümlich, oder ob sie erst durch Oxydation entstehe, wie dies bei vielen andern Farbstoffen vegetablischen Urspungs angenommen wird, brachte ich ein Spirulinenpolster in ein Reagenzgläschen voll Wasser, das ich längere Zeit ausgekocht, dann verkorkt zum Abkühlen hingestellt hatte. Da solches Wasser erst allmählich Sauerstoff aus der Atmosphäre aufnimmt, so hätte die Blaufärbung zuerst an der Oberfläche der Flüssigkeit eintreten müssen, wenn dieselbe eine Folge der Oxydation gewesen wäre. Dies war aber nicht der Fall, vielmehr bildete sich der intensiv blaue Farbstoff, wie gewöhnlich, am Boden des Reagenzgläschens. Auch in mikroskopischen Präparaten, wo die Spirulinafäden in concentrirtes Glycerin eingelegt, und mit Asphaltlack hermetisch nach Aussen abgeschlossen sind, tritt das Phycocyan durch Diffusion aus den Zellen, sobald dieselben absterben, und färbt das umgebende Glycerin klar blau. Die Fäden bleiben dann mit chlorophyllgrüner Farbe zurück und werden allmählich, wie alle grünen Zellen, mehr oder minder im Licht entfärbt. Oscillarien,

welche von einem Infusorium gefressen sind, füllen die Magenblase, in der sie stecken, mit blauem Saft. Werden Oscillarien unter dem Mikroskop durch Erhitzen auf ca. 50° C. schnell getödtet, so tritt augenblicklich das blaue Phycocyan aus den zerfallenden Fäden. Ich schliesse daraus, dass das Phycocyan der Oxydation durch Berührung mit atmosphärischer Luft zur Erzeugung der blauen Farbe nicht bedarf.

Zum Ausziehen des Phycocyan habe ich mich gewöhnlich des süssen Wassers bedient; indess löst sich dasselbe auch in dem gewöhnlichen Seewasser unverändert auf, sobald die Fäden abzusterben beginnen. Der ganze Vorgang der Zerlegung des Phycochrom durch Exosmose ist ein lehrreiches Beispiel aus der Klasse der von Graham als Dialyse bezeichneten Erscheinungen.

Die Phycocyanlösung hat sehr interessante optische Eigenschaften. Mit dem Spectroskop analysirt, zeigt sie ein höchst charakteristisches Spectrum. Es werden in dickerer Schicht oder stärkerer Concentration alle Strahlen vom Roth bis nahe zur Linie E an der Grenze zwischen Grün und Blau absorbirt, während Blau und Violett nebst einem schmalen Streifen des Grün unverändert durchgehen (Fig. 1 A. Tab. I). Der breite Absorptionsstreifen, welcher den schwächer brechbaren Theil des Spectrum auslöscht, ist von einer hellen gelben und einer minder hellen orange Linie durchsetzt, welche zu beiden Seiten der Linie D dicht neben einander verlaufen. Endlich ist jenseits des Absorptionsstreifen ein sehr intensives schmales rothes Band sichtbar, welches etwa bis zur Linie a reicht. Es fehlt daher im Spectrum des Phycocyan der grösste Theil des Roth (mit Ausnahme der am schwächsten brechbaren Strahlen) sowie das ganze Gelb (bis auf die orange-gelbe Linie bei D) und das Grün bis an die Linie E; nur die stärker brechbaren Strahlen gehen unverändert durch. In dünnerer Schicht, etwa in einem Troge von 2 Linien im Lichten, bleibt in dem dunklen Absorptionsstreifen zwischen a und D noch ein röthlicher Schimmer und noch weniger wird das Grün jenseits der gelben Linie ausgelöscht, sondern es wird nur verdunkelt, und zwar in einem von D nach E hin immer schwächer werdenden Grade.

Eine zweite höchst auffallende optische Eigenthümlichkeit des Phycocyans ist die Fluorescenz. Denn nur bei durchgehendem Lichte und auf hellem Grunde erscheint das Phycocyan indigoblau; bei reflectirtem Lichte und auf dunklem Grunde dagegen erscheint

es intensiv karminroth. Diese Fluorescenz ist natürlich am prächtigsten, wenn man mit Hülfe einer Sammellinse einen brennendrothen Lichtkegel in die blaue Flüssigkeit hineinwirft; sie ist aber auch schon in sehr verdünnten Lösungen deutlich, und zwar ist sie lebhafter als das Blau bei durchgehendem Lichte; daher man zum Beispiel die ersten Spuren des exosmirenden Farbstoffs bereits leicht an dem rothen Schimmer auf dunklem Grunde wahrnimmt, wenn man die blaue Färbung noch nicht zu unterscheiden vermag. Ich kenne keine Substanz, deren Fluorescenz an Stärke der des Phycocyans gleich käme. Selbst der kleinste Tropfen auf dem Objectglas reflectirt intensiv rothes Licht. Ebenso ist auch bei schwächstem Tages- und nicht minder bei Lampen- oder Gaslicht die rothe Fluorescenz vollkommen deutlich. Als ich zuerst die Entwicklung des Phycocyans an der Oberfläche eines schwarzen Spirulinenklumpens in einem Uhrgläschen beobachtete, glaubte ich, dass die Fäden aus dem Spangrünen sich in Roth umgefärbt hätten, und bedurfte erst des Mikroskops, um mich zu vergewissern, dass ihre Farbe bei durchgehendem Licht unverändert geblieben, und dass nur die überaus lebhafte Fluorescenz einzelner ausgetretener Phycocyantropfen auf dem dunklen Grunde mich getäuscht hatte.

Ich habe mich übrigens überzeugt, dass ein rother Fluorescenzschimmer auch von den lebendigen, gewöhnlich schwarzgrün erscheinenden Spirulinenpolstern ausgeht, wenn dieselben von der Sonne direct beleuchtet sind; das rothbraune Licht, welches die grünen Polster in der Sonne ausstrahlen, ist ganz verschieden von dem violett rothen, welches die Oberfläche der purpurfarbenen Modification der Spirulina versicolor reflectirt.

Ich komme nun zu den chemischen Verhältnissen des Phycocyans, in Bezug auf welche ich zwar wegen Mangel an ausreichendem Material noch manche später auszufüllende Lücken lassen muss, die jedoch auch jetzt schon eine Anzahl überraschender Eigenthümlichkeiten darbieten.

1) Durch Schwefelsäure bildet sich aus der Lösung des Phycocyan in Wasser ein reinblauer flockiger Niederschlag, welcher sich am Boden absetzt, während die Flüssigkeit selbst farblos wird.

2) Ebenso wird das Phycocyan durch Salzsäure in Form einer Gallert ausgefällt, die sich allmählich mit blauer Farbe abscheidet, in überschüssiger Salzsäure sich nicht auflöst.

3) Durch Salpetersäure wird das Phycocyan mit prachtvoll violetter oder rosa Farbe ausgefällt.

4) Durch Schweflige Säure wird das Phycocyan entfärbt.

5) Durch Kali oder Ammoniak wird das Phycocyan als eine blassgelbliche oder farblose Gallerte ausgefällt, die sich im Ueberschuss nicht löst. Der farblose Niederschlag durch Ammoniak wird durch nachträglich zugesetzte Salzsäure blau. Durch Salpetersäure dagegen wird der farblose Niederschlag von Ammoniak schön rosa gefärbt.

6) Durch Alcohol geschieht eine reichliche gallertartige violettblaue Ausfällung, die sich allmählich am Boden absetzt; dasselbe geschieht 7) durch Zinnchlorür, 8) durch Alaun; letzterer bildet zuerst nur eine violette Trübung, die sich erst allmählich am Boden anhäuft, während das Zinnsalz schnell einen blauen Niederschlag hervorruft.

Unmittelbar nach Zusatz eines dieser Reagentien verliert die Phycocyanlösung ihre schöne Fluorescenz, auch wenn sich noch kein Niederschlag gebildet hat. Die blauen Niederschläge sind nicht farbenbeständig, sondern entfärben sich allmählich von oben nach unten, so dass zuerst sich weisse Flocken über den blauen anhäufen; namentlich die Niederschläge in Alcohol und Salpetersäure werden schnell farblos; dauerhafter sind die durch Alaun, Schwefelsäure und Zinnsalz, obwohl auch diese mit der Zeit abblassen.

Merkwürdig ist das Verhalten des Phycocyan beim Erwärmen. Sobald die blaue Flüssigkeit über 44° C. erhitzt ist, verliert sie die Fluorescenz und wird rein blau. Zwischen 56° und 60° C. wird die Phycocyanlösung trübe, opalisirend, wie dies auch nach Zusatz von Alcohol etc. bei beginnender Ausfüllung stattfindet; dabei wird sie allmählich immer blasser. Sobald die Flüssigkeit zu sieden anfängt, wird sie ganz klar und farblos, dagegen bildet sich ein blauer Schaum, wie beim Kochen eiweisshaltiger Flüssigkeit, der sich beim Erkalten absetzt und später auch völlig entfärbt.

Erwärmt man dagegen frische Spirulinamassen im Wasser bis zum Kochen, so setzen dieselben sich als schwärzliche Klumpen zu

Boden; das Wasser selbst bleibt klar und farblos, und nimmt auch bei längerem Digeriren keinen blauen Farbstoff weiter auf.

Dagegen werden die auf Papier eingetrockneten blauen Farbränder getrockneter Oscillarinen selbst nach jahrelanger Aufbewahrung in ihrer Farbenintensität nicht verändert. Ein solcher blauer Rand auf Papier wird aber durch Ammoniak entfärbt.

Wird die Phycocyanlösung sich selbst überlassen, so tritt eine Art Gährung ein, die Flüssigkeit fängt an zu schäumen, und riecht nach gekochtem Kohl; sie wird allmählich trübe; an ihrer Oberfläche bildet sich ein farbloses oder graues Häutchen, welches beim Bewegen an den Wänden des Glases haftet, wie ein Fetthäutchen. Mit der Zeit wird die trübe Flüssigkeit violett, und bleicht allmählich völlig aus. Stellt man die Lösung ins Dunkle, so bleibt sie längere Zeit klar und blau, doch bildet das Häutchen sich auch dann an der Oberfläche der Flüssigkeit.

Die hier aufgeführten, von den früheren Angaben, namentlich denen von Kützing wesentlich abweichenden Reactionen genügen, um das Phycocyan als eine von allen andern Farbstoffen, insbesondere vom Indigo und den Flechtenfarbstoffen verschiedene Substanz nachzuweisen; dagegen reichte das mir im Aquarium zu Gebot stehende Quantum nicht aus, um seine wahre Natur (ob eiweissartig, oder ein eigenthümlicher Farbstoff, ob ein einfacher Körper oder zusammengesetzt) mit Sicherheit zu constatiren. Die Fällung des Phycocyans durch Basen als farbloser Niederschlag macht es nicht unwahrscheinlich, dass wir es hier mit einer Säure zu thun haben. Ich hoffe später an Süsswasseroscillarien reichlicheres Material zu finden.

Die purpurne Modification des Phycocyans habe ich noch nicht in hinlänglichen Quantitäten rein darstellen können; ich fand nur, dass sich aus den violetten Spirulinen eine purpurne, klare Flüssigkeit im Wasser beim Absterben ausscheidet, die mit der Zeit am Licht sich entfärbt, daher die Farbe sich in feuchten mikroskopischen Präparaten nicht erhält; dass ferner die purpurnen Spirulinen sich von selbst im Laufe der Zeit, oft schon in wenig Stunden in spangrüne umwandeln, so dass eben nur eine geringe Umänderung den Farbenwechsel zur Folge zu haben scheint. Beiläufige Beobachtungen beim Auftrocknen gewisser Süsswasseroscillarien und Nostoceen sprechen dafür, dass auch viele Mittelnuancen zwischen dem indigoblauen und dem rothen Phycocyan existiren.

II. Ueber den Farbstoff der Florideen.

Nachdem unsere Untersuchungen in den Phycochromalgen das gewöhnliche Chlorophyll, wenn auch verbunden mit einem zweiten Farbstoff, erwiesen haben, war es von Interesse, die Florideen zu untersuchen, welche bekanntlich ebenfalls nicht grün, sondern roth sind. Gleichwohl leben die Florideen nicht nur untermischt mit Chlorosporeen, unter denselben Licht- und Nahrungsbedingungen, sondern sie produciren auch organische Substanz gleich diesen, insbesondere Kohlenhydrate, Gallert und Stärke, erstere reichlich in den chinesischen und japanischen, als Nahrungsmittel (Agar-Agar) auf den Märkten Ostasiens verkauften Arten; Stärkekörner, deren Vorkommen bei den Florideen häufig bezweifelt wurde, fand ich in grosser Menge im Herbst 1865 in den Zellen des Markparenchyms von Polyides rotundus, bei Helgoland, so dass dieselben gänzlich von den Körnern vollgestopft waren; letztere sind kuglich, klein, 0,004 —0,006 mm. ($^1/_{560} - ^1/_{370}'''$) im Durchmesser, zeigen keine Schichtung, werden aber durch Jod gebläut. Wegen ihres Stärkegehalts könnten Polyides und ähnliche Florideen wohl ebenfalls als Nahrungsmittel dienen. Rosanoff hat ächte, durch Jod gebläute Stärkekörner auch bei andern Florideen: (Melobesia pustulata, Delesseria sanguinea u. a.) nachgewiesen.

Der Farbstoff der Florideen wird von Kützing als Phykoerythrin (Phycol. gener. 21) bezeichnet; dasselbe soll nach diesem Forscher als aufgelöste Flüssigkeit in den Zellen enthalten sein, und grüne Chlorophyllkügelchen umgeben; doch überwiege das Roth so, dass die grüne Farbe des Chlorophylls vollständig aufgehoben ist und die Kügelchen selbst noch scheinbar roth gefärbt sind; fliesst aber die rothe Flüssigkeit aus, so kommt auch die grüne Farbe der Kügelchen zum Vorschein. Hiernach wäre der rothe Farbstoff in den Florideen in ähnlicher Weise vertheilt, wie das Erythrophyll in den Phanerogamenblättern, wo die rothe Lösung bekanntlich auch die gleichzeitig in den Zellen enthaltenen Chlorophyllkügelchen verdeckt (l. c. p. 23).

Nägeli schreibt den Florideen einen rothen Farbstoff zu, welcher mit dem Chlorophyll verwandt, und häufig schon in der lebenden Pflanze, und gewöhnlich beim Absterben in letzteres übergeht (Neuere Algensysteme p. 187).

Meine eigenen Untersuchungen, welche diese Ansichten wesent-

lich modificiren, sind an zahlreichen Florideen, insbesondere grosszelligen Ceramieen angestellt worden; sie ergeben die Unrichtigkeit der Annahme, wonach die Florideen grüne Chlorophyllkügelchen, die von rothem gelösten Farbstoff verdeckt sind, enthalten.

Bei Callithamnion Rothii (von Helgoland) erfüllt ein rothes Protoplasma das Lumen der lebenden Zellen gleichmässig (etwa wie das grüne bei Microspora) in welchem nur drei bis vier wasserhelle und ungefärbte Vacuolen in einfacher Reihe neben einander sichtbar sind. Bei Chantransia Daviesii findet sich ein rother Wandbelag, der in jeder Zelle um ein centrales grosses rothes Kügelchen sich bindenartig herüberzieht, etwa wie das Chlorophyll bei Ulothrix.

Die grossen Zellen von Phlebothamnium corymbosum aus Genua besitzen einen farblosen Zellsaft; am innern Rande der Zellhaut in der Aussenschicht des Primordialschlauchs sind zahlreiche braunröthliche Kügelchen eingestreut, welche in den jüngeren Zellen dicht und spiralig geordnet sind, etwa wie die Chlorophyllkügelchen bei Nitella.

Wird eine solche Zelle plötzlich getödtet, etwa durch Zerquetschen mit dem Deckglas, so dass Wasser in die Zellhöhle eindringt, so werden die rothen Kügelchen augenblicklich zersetzt; sie erscheinen nunmehr grün gefärbt, während sich im Zellsaft ein prachtvoll karminrother Stoff mit einem Stich ins Violette auflöst.

Aehnlich verhalten sich die Zellen von Anthithamnion Plumula, welches auf den Felsen im Nordhafen bei Helgoland in 6—8 Faden Tiefe in Gesellschaft von Halymenia ligulata, Ginnania furcellata, Sporochnus pedunculatus, Chaetopteris plumosa u. a. vorkommt; auch hier ist der Zellsaft in den lebenden Algen eben so farblos, wie in gewöhnlichen grünen Pflanzenzellen; der rothbraune Farbstoff ist hier jedoch in dünnen fadenartigen, dicht neben einander gelagerten Bändern oder Streifen entwickelt, die auf der innern Zellwand aufliegen und sich zum Theil gabelig verzweigen; beim Absterben tritt auch hier aus diesen Bändern eine purpurrothe Flüssigkeit aus, die sich im Zellsaft auflöst; jene Bänder aber werden nun grün, gleich den Chlorophyllbändern einer Spirogyra.

Aehnliche unregelmässige, zum Theil wellenförmig gebogene, dünne blassrothe Streifen bildet der Farbstoff in den sonst ganz farblosen Centralzellen eines Hormoceras, welches auf Steinen im Hafen von Genua wächst. So wie die Zelle stirbt, zieht sich der

Primordialschlauch zusammen, und aus ihm tritt durch Exosmose in den von der Zellmembran begrenzten Hohlraum die schön purpurrothe Flüssigkeit und färbt den ganzen bis dahin farblosen Zellsaft; der contrahirte Primordialschlauch, dessen einzelne Streifen nun verschmelzen, erscheint rehfarben und zuletzt grün.

Günstig für diese Untersuchungen sind auch die grossen Zellen von Bornetia secundiflora, welche von der Südküste Englands stammt, und von mir seit Jahren in meinem Seeaquarium cultivirt wird. Diese Floridee hat die Structur einer sehr grosszelligen Cladophora; ihre Zellmembran ist sehr dick; in Glycerin schwillt dieselbe auf, und wird deutlich geschichtet, sie erreicht dann eine Dicke von 0,016—002 mm.; durch Jod und Schwefelsäure färben sich die innern Schichten der Membran blau und lösen sich allmählich, während die äussern ungelöst und gelb gefärbt bleiben; an einzelnen Stellen reissen diese Cuticularschichten; aus den Rissen tritt eine violette Flüssigkeit, vielleicht die gelöste Membran. Auch die Querscheidewände sind deutlich geschichtet und zeigen genau in der Mitte einen sehr scharf umgrenzten, anscheinend ovalen Tüpfel, der ganz wie ein Loch aussieht, das die aneinanderstehenden Zellen des Fadens verbindet, so dass ich anfänglich eine Communication derselben nach Art der Gefässe anzunehmen geneigt war. In Wirklichkeit sind die Tüpfel jedoch durch eine dünne, aber feste Membran verschlossen, wie man sich leicht an isolirten Zellen überzeugt, deren Nachbarzellen durchschnitten wurden, und wo man gleichwohl den Zellsaft der isolirten Zelle, selbst durch stärkeren Druck nicht zum Austreten bringen kann. Solche Tüpfel in der Mitte der Querscheidewände finden sich übrigens bei sehr vielen Florideen, zum Beispiel bei Callithamnion corymbosum (Breite der Tüpfel 0,006 mm. bei 0,06 mm. Zellenbreite), so wie in den Centralzellen vieler Polysiphonien; bekanntlich sind dergleichen Tüpfel, und zwar immer nur je einer auf einer Zellfläche, von Nägeli und Thuret in den flächenförmig verbundenen Zellen des Laubes von Dictyota, von Wartmann in den Querscheidewänden der reihenförmig übereinander geordneten Centralzellen im Markcylinder von Lemania, von Rosanoff sogar in den vertikalen Zellwänden der Melobesien (Memoire sur les Melobésiées p. 35) nachgewiesen worden.

Der Zellinhalt von Bornetia besteht aus einem farblosen Zellsaft, der die ganze Zellhöhle erfüllt, und einem Wandbelag, der aus rothen, in farbloses Protoplasma eingebetteten Körperchen

besteht, welche in Form und Anordnung etwa den Chlorophyllkügelchen von Hydrodictyon entsprechen, noch häufiger aber verlängerten, oft eckigen Stäbchen gleichen. Zwischen diesen rothen Körperchen sind zahlreiche farblose Krystalle eingestreut, sehr vollkommen ausgebildete Octaeder, in polarisirtem Lichte doppelt lichtbrechend, deren längere Achse 0,01—0,04 mm. beträgt. Dass diese Krystalle frisch farblos sind, erkennt man noch besser, als in den unverletzten Zellen, beim Durchschneiden derselben, wo die Krystalle mit dem einhüllenden Protoplasma ins Wasser herausgepresst werden. Diese Krystalle werden durch Jod gebräunt; ebenso werden dieselben durch die gleich zu erwähnende, aus den Pigmentkügelchen austretende rothe Flüssigkeit gefärbt, so dass sie bei längerem Verweilen eine prachtvoll rothe Farbe annehmen. Es lässt sich schon hieraus mit grosser Wahrscheinlichkeit vermuthen, dass diese Krystalle organischer Natur seien, und in die Klasse jener Proteinkrystalle gehören, welche in neuerer Zeit in so vielen Pflanzen- und Thiergeweben entdeckt worden sind. Cramer hat in der That bereits 1861 diese Octaeder von Bornetia beschrieben und denselben den Namen des Rhodospermin gegeben (Das Rhodospermin ein krystalloidischer quellbarer Körper, Vierteljahrschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich Band VII). Cramer fand die octaedrischen Rhodosperminkrystalle, die er für klinorrhombisch erklärt, bei Bornetiaexemplaren von Nizza, die seit 3 Jahren in concentrirter Kochsalzlösung gelegen hatten, zeigte ihre Fähigkeit, durch Alkalien bedeutend zu quellen, und durch Säuren sich zu contrahiren, — hält dieselben mit Recht nicht für Farbstoff- sondern für eiweissartige Krystalle, lässt es aber dahin gestellt, ob diese Krystalle nicht blosse Kunstproducte (in Folge der Einwirkung der Kochsalzlösung auf den Zellinhalt) seien. Dieser Zweifel ist durch meine Beobachtung der Octaeder in frischen Zellen gelöst; ebenso fand ich die frischen Krystalle im polarisirten Lichte doppelt lichtbrechend, während Cramer die in Kochsalz coagulirten für einfach brechend erklärte — eine Veränderung, die auch sonst in Proteinkrystallen beobachtet worden ist. Cramer entdeckte in seinen Kochsalzexemplaren noch eine zweite Modification des Rhodospermin, die noch lebhafter roth gefärbt und in hexagonalen Tafeln oder Prismen, auch bündelförmig, und in Zwillingen vorkömmt; diese Form ist mir in den lebenden Bornetiazellen nicht begegnet.

Ausser Proteinkrystallen enthalten die Zellen von Bornetia

secundiflora noch in gewissem Alter, aber nicht immer zahllose, das Licht stark brechende, oft eigenthümlich geformte Körnchen, welche kleinen Stärkekörnern ähneln, aber durch Jod nicht blau werden[1]; sie entwickeln sich in den rothen Kügelchen, in und zwischen denen sie sich finden, und gehören offenbar zu jenen stärkeähnlichen Körnern, deren weite Verbreitung bei den Florideen neuerdings van Tieghem in einem Bericht an die Pariser Akademie (6. Nov. 1865 Comptes rendus p. 804) nachgewiesen hat. Vielleicht sind dieselben nicht weiter als Paramylon, wie es Gottlieb in den grünen Euglenen zuerst constatirte.

Tödtet man eine Zelle von Bornetia durch Anstechen, Zerschneiden, Zerquetschen, durch chemische Reagentien, oder durch welche andere Weise immer, so beginnt in den rothen Farbstoffkügelchen augenblicklich eine Zersetzung; aus ihnen tritt sofort eine carminrothe Flüssigkeit aus, welche sich in dem farblosen Zellsaft auflöst, und diesen selbst färbt; die Pigmentkügelchen dagegen behalten ihre Form im wesentlichen bei, nehmen aber eine grüne Farbe an. Man kann diese Zerlegung der rothen Farbkügelchen unmittelbar verfolgen, wenn man beim Durchschneiden einer Zelle deren Inhalt ins Wasser auspresst, wobei die in den Zellen meist ovalen oder langgestreckten Kügelchen, sobald sie mit dem Wasser in Berührung treten, sofort bedeutend und zwar kuglich aufschwellen, und dabei blässer erscheinen, bis sich endlich das Wasser in ihrer Umgebung röthet, und die Kügelchen selbst grün werden. In abgestorbenen Zellen bilden die grün gewordenen Kügelchen zusammenklebend oft formlose Chlorophyllklumpen mitten in dem rothen Zellsaft.

Aus allen diesen Beobachtungen ergiebt sich, dass das rothe Pigment der Florideen, welches ich, da es bisher noch nicht benannt ist, als Rhodophyll bezeichnen will, ganz in derselben Weise geformt auftritt, wie das Chlorophyll der Algen, bald gleichmässig im Protoplasma vertheilt, bald zu Streifen, Bändern oder Kügelchen geformt; dass aber das Rhodophyll zusammengesetzt ist aus gewöhnlichem, in Alcohol und Aether löslichem, in Wasser unlöslichem

1) Rosanoff findet, dass diese Körnchen durch Jod etwas violett gefärbt werden, dass sie in Zwischenräumen zwischen den regelmässig geordneten Pigmentkörperchen, niemals aber innerhalb des gefärbten Protoplasma vorkommen (Comptes rendus 9. April 1866).

Chlorophyll und aus einem eigenthümlichen rothen Farbstoff, welcher umgekehrt in Wasser löslich, in Alcohol dagegen unlöslich, von mir mit dem Kützingschen Namen des Phycoerythrin belegt werden soll; Chlorophyll und Phycoerythrin sind in den lebenden Florideenzellen so innig mit einander verbunden, dass sie in der Regel eine gleichmässige rothbraune Färbung des Thallus veranlassen. Durch endosmotische Einflüsse beim Absterben der Zellen aber wird das Rhodophyll der Florideen in seine Bestandtheile zerlegt, wobei das Phycoerythrin sich im Wasser auflöst. Aus diesen Thatsachen erklärt sich die schon oft gemachte Beobachtung, dass getrocknete oder im Wasser faulende Florideen grün werden, wie dass umgekehrt viele Arten (namentlich grosszellige, Bornetia, Griffithsia, Callithamnion) das Papier in ihrer Umgebung roth färben [1]).

Die chemischen Eigenthümlichkeiten des Phycoerythrin, welche ich selbst wegen Mangel an Material nur auf mikrochemischem Wege ermitteln konnte, sind durch die Untersuchungen bestätigt und vervollständigt worden, welche S. Rosanoff in Cherbourg an einer grossen Zahl von Florideen angestellt und inzwischen in den Comptes rendus der Pariser Academie vom 9. April 1866 veröffentlicht hat. Rosanoff weist zunächst nach, dass die Florideen im Sonnenlicht Sauerstoff aushauchen, und zwar dass die stärker brechbaren Strahlen des Spectrums, sowie niedere Temperaturen der Zersetzung der Kohlensäure minder günstig sind; dass dagegen in der Dunkelheit Sauerstoff aufgenommen und Kohlensäure ausgeschieden wird, dass sich also die Florideen in ihrer Respiration und Assimilation ganz gleich den Chlorophyllalgen verhalten. Der rothe Farbstoff, der in Kügelchen oder Stäbchen concentrirt ist, zersetze sich und werde dann grün, was auch durch Erwärmen bis zu 60—70° C. geschieht. Dagegen vertheile sich der Farbstoff im Zellsaft durch längeres Digeriren in süssem oder Seewasser bei gewöhnlicher Temperatur und

---

1) Am auffallendsten und reichlichsten ist das Austreten einer purpurnen, Papier und Hände beim Auflegen röthenden Flüssigkeit bei Rytiphloea tinctoria, deren abfärbende Eigenschaften (Fucus a fucando) der ganzen Klasse der Algen ihren Namen gegeben hat. Kützing hält diesen rothen Farbstoff für eigenthümlicher Art (Phycohaematin). Ich fand diese Alge häufig in Genua, versäumte jedoch die Untersuchung, ob ihr Farbstoff wirklich von dem gewöhnlichen Phycoerythrin verschieden sei. Cramer hat bei dem Farbstoff von Rytiphloea eine sehr lebhafte grüne Fluorescenz beobachtet.

gebe einen schön carmoisinrothen Extract von der lebhaftesten Fluorescenz, indem derselbe bei reflectirtem Licht mehr oder minder röthlichgelb erscheint. Das Spectrum zeigt ein Auslöschen des ganzen Grün und oft eines kleinen Theils des Violett. Der wässrige Extract entfärbt sich durch Erwärmung bis zu 50—60° C., durch Kali sowie am Licht; durch Säuren und Alcohol wird blos die Fluorescenz zerstört.

Die Untersuchung von Rosanoff ist nur insofern von der richtigen Erkenntniss entfernt geblieben, als derselbe die Zerlegung des rothen Pigments (Rhodophyll) in Chlorophyll und Phycoerythrin nicht berücksichtigte, die unter Umständen eintretenden grünen Färbungen als eine Veränderung (alteration) jenes Pigments auffasst, und sich die durch Behandlung der Florideen mit Alcohol oder Aether gewonnene smaragdgrüne Lösung, welche nach seiner eigenen Angabe alle physikalischen und chemischen Eigenthümlichkeiten des Chlorophylls besitzt, daher nicht zu erklären vermag.

III. Systematische Bemerkungen über Phycochromaceen und Florideen.

Die hier geschilderten Reactionen des Phycoerythrin und des Phycocyan lassen allerdings gewisse Verschiedenheiten zwischen diesen beiden Körpern erkennen; aber sie zeigen auch in der Art ihrer Verbindungen mit dem Chlorophyll zu Phycochrom resp. Rhodophyll, wie in ihrem Verhalten gegen Erwärmung, Alcohol, Aether, Basen und Säuren offenbar eine grosse Analogie. Bereits Naegeli scheint eine solche Verwandtschaft angenommen zu haben, da er (in L. Fischers Dissertation über die Nostochaceen) das Phycoerythrin direct als eine röthlich gelbe Nuance des Phycochrom aufführt. In der That ist dessen purpurne Modification oft so schwer von dem Rhodophyll der Florideen zu unterscheiden, dass es für gewisse Arten, deren Verwandtschaft nicht ganz klar ist, oft unmöglich scheint auszumitteln, ob sie durch Phycoerythrin oder durch rothes Phycocyan gefärbt sind. So wird für Palmella cruenta unser Urtheil über die Natur des rothen Farbstoffs verschieden ausfallen, je nachdem wir dieselbe näher mit den Chroococcaceen oder mit Porphyra verwandt halten. Dasselbe gilt auch für die meinem Dafürhalten nach verwandte Art, welche das berühmte Blutprodigium veranlasst und

von Ehrenberg bekanntlich ohne genügenden Grund als Monas prodigiosa bezeichnet wurde. Die unmessbar kleinen, ovalen, häufig in Quertheilung begriffenen Zellchen dieses Gebildes, welches ich auch in diesem Sommer (1866) wieder aus der feuchten, fensterlosen Speisekammer im Keller eines Hauses in Breslau, wo es sich auf gekochten und geschälten Kartoffeln, sowie aus dem Keller des Pfarrhauses zu Bennstädt bei Halle a. S. erhielt, wo es sich auf Kartoffelnklössen sehr reichlich entwickelt hatte, sind ursprünglich durch eine sehr dünne, schleimige Intercellularsubstanz vereinigt; da diese sich aber in Wasser leicht löst, so werden die Zellen frei und zeigen dann nur Molecular-, aber keine eigene Bewegung, wodurch sie sich von den sonst nahe verwandten Bacterien unterscheiden; dagegen scheinen sie mir in dieser Beziehung mit den unbeweglichen Bacteridien (Milchsäurehefe) von Pasteur und Davaine übereinzustimmen. Wegen der die einzelnen Zellen verbindenden schleimigen Intercellularsubstanz gehört dieses Gebilde offenbar in die Verwandtschaft der Palmellaceen, weshalb der von Montagne und Kayser gewählte Name: Palmella prodigiosa wohl gerechtfertigt ist; indess scheint die in Wasser leicht lösliche Beschaffenheit der Intercellularsubstanz die Aufstellung einer Untergattung zu begründen, wofür ich früher den Namen Zoogloea prodigiosa vorgeschlagen hatte. Die rothen Zellchen scheinen beim Absterben ihren Farbstoff an das Wasser abzugeben und sich selbst zu entfärben; so erklärt es sich, dass auf gekochten Kartoffeln, auf denen sich die rothe Palmelle entwickelt, das Protoplasma, so wie die Proteïnwürfel in den peripherischen Kartoffelzellen sich prachtvoll karminroth färben, eben so auch der Zellinhalt der Penicillium- und Rhizopushyphen, welche zwischen der rothen Gallert umherwuchern. Bekanntlich nehmen Pilzfäden flüssige Farbstoffe, in deren Nähe sie sich entwickeln, unverändert auf; vergleiche De Bary Pilze p. 12. Zu dem rothen Phycochrom scheint auch der Farbstoff der Monas Okeni zu gehören.

Die nahe Verwandtschaft des Phycochrom der Oscillarieen und des Phycoerythrin der Florideen ist um so interessanter, als auch morphologische und entwicklungsgeschichtliche Betrachtungen nach meiner Ueberzeugung die gewöhnlich im System weit getrennten Phycochromaceen und Florideen zu nähern scheinen. Es ist wenigstens nicht aus dem Auge zu lassen, dass die Süsswasser-Gattung B a t r a c h o s p e r m u m in ihrer ganzen Organisation zu den F l o r i d e e n, und zwar zu den G y m n o p h l o e a c e e n in die un-

mittelbare Nähe von Nemalion gehören. Ich hatte im vorigen Herbst Gelegenheit, Nemalion multifidum in Helgoland, und bald darauf Batrachospermum moniliforme und B. vagum in Schlesien zu untersuchen; ich vermag in Folge dessen weder in der Entwicklungsgeschichte des Batrachospermumthallus mit seinen rosenkranzförmig gegliederten Astwirteln und der von den Knoten ausgehenden Berindung einen wesentlichen Unterschied von den Entwicklungsgesetzen bei Ptilota oder einer anderen Callithamniee oder Ceraniacee, (vergl. A. Braun Verjüngung p. 162), noch in der Organisation der Haufenfrüchte und der Antheridien von Batrachospermum eine wesentliche Verschiedenheit von den Favellidien und Antheridien von Nemalion aufzufinden.

Obwohl nach allen diesen Erwägungen eine unzweifelhafte Floridee, so ist doch der Farbstoff von Batrachospermum ebenso zweifellos Phycochrom: wie nicht nur die violetten und spangrünen Farbentöne, sondern auch die Extraction des Phycocyan beim Auftrocknen auf Papier erweist. Die Zellen von Batrachospermum enthalten zahllose Körnchen, welche ich gleich den in vielen grösseren Oscillarineen vorkommenden, nach der Analogie der Florideen, für Paramylon halten möchte.

Eine andere Florideengattung, Chantransia, ist insofern noch interessanter, als ihre im süssen Wasser lebenden Arten Phycochrom, die sonst völlig übereinstimmenden Arten des Meeres aber Rhodophyll enthalten: Chantransia chalybea aus einem Graben bei Domatschine in der Nähe von Breslau hat schmale cylindrische Zellen, ähnlich denen von Oedogonium Rothii, oder Microspora, deren Inhalt, ein spangrünes Protoplasma, von mehren reihenweise geordneten wasserhellen Vacuolen durchbrochen ist. Die Fructification beruht auf kurzen, am obern Ende der Zellen dicht unter der Scheidewand sich abgliedernden, einfachen oder gegabelten Aestchen, welche auf einzelligem Stiele ein grösseres eirundes Sporangium mit einer einzigen eingeschlossenen Spore tragen. Bei Chantransia violacea stehen die Sporangien traubig. Die auch von mir bei Helgoland untersuchte, rothe Chantransia Daviesii Thur., welche Pringsheim zu einer besonderen Gattung Trentepohlia erhoben (zur Morphologie der Meeresalgen p. 28 sq.) stimmt im Bau ihrer Zellen und der Sporenbildung mit Ch. chalybea ganz und gar überein: (vergleiche auch Pringsheims Bemerkung über Chantransia chalybea β. pulchella l. c. p. 28 Anmerkung, und die Note von Thuret über Chantransia

in Le Jolis Liste des Algues marines de Cherbourg p. 104); sie ist eben nur durch den Farbstoff unterschieden.

Die Gattung Lemania steht zwar keiner mir bekannten Florideengattung so nahe, dass sie damit in eine Familie sich vereinen liesse. Gleichwohl erleidet es für mich nicht den geringsten Zweifel, dass auch Lemania zu den Florideen gehöre. Ihre anatomische Structur, wie sie am genausten von Wartmann in dessen Beiträgen zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Gattung Lemania (St. Gallen 1854) geschildert wurde, wiederholt sich bei zahlreichen Florideen: insbesondere der centrale Strang schlauchartiger Zellen, die an den Knoten theils berindende, abwärts steigende, theils Wirtel kürzerer radienartig ausstrahlender Querzellen entwickeln, welche letztere sich wieder mit der merenchymatischen Rindenschicht, und einer diese überziehenden kleinzelligen Oberhaut in Contact setzen; unter den mir genauer bekannten Florideen stimmt dieser Bau am besten mit dem von Halymenia ligulata (Tab. II 6) überein, deren breiteres Laub allerdings in seiner mittleren Höhlung ein lockeres Geflecht zahlreicher paralleler Zellenstränge enthält; dagegen wiederholen sich bei dieser Gattung auch die an unbestimmten Stellen aus der merenchymatischen Rindenschicht hervorsprossenden, in die Centralhöhle frei hineinragenden Haufenfrüchte oder Favellidien, deren Sporen freilich bei den reifen Halymenienfrüchten scheinbar terminal auf der Placenta aufsitzen, während die Sporen bei Lemania, ähnlich wie bei der im Uebrigen auch verwandten Gattung Batrachospermum rosenkranzförmig an einander gereiht sind; doch sind auch bei Halymenia die jungen Favellidien rosenkranzförmig gegliedert (vergl. Kützing Phycol. gen. Tab. 74 I 2) und bei andern Florideen sind die rosenkranzförmigen Sporenketten noch in den reifen Kapseln deutlich (z. B. bei Delesseria sinuosa Harvey Phycol. britt. Plate CCLIX 4. 5; bei Plocamium coccineum Naegeli Neuere Algensysteme tab. X fig. 23). Dass bei Lemania noch keine Tetrasporen gefunden sind, kann nicht auffallen, wenn man daran erinnert, dass diese Art der Sporen auch bei vielen Florideen, so z. B. gerade bei Halymenia nicht bekannt sind. Dagegen lässt sich vielleicht das Vorkommen von Antheridien in den Knoten von Lemania vermuthen. Die Entwicklungsgeschichte von zahlreichen Florideen, so insbesondere von Halymenia, stimmt auch in soweit mit der von Lemania, als aus den Sporen nicht direct der Thallus, sondern erst ein einfacher und abweichend gebauter Prothallus hervorgeht, welcher bei

Lemania bekanntlich confervenartig, bei Halymenia dagegen ein einschichtiges, Phyllactidium ähnliches Häutchen darstellt, auf dem der hohle Laubkörper durch Sprossung aufsitzt (die sogenannte Wurzel oder Haftscheibe.)

Wenn nun gleich Lemania nach Anatomie und Entwicklungsgeschichte zu den Florideen gehört, so ist doch gerade bei dieser Gattung das Phycochrom überaus reichlich entwickelt, so dass die Fäden dieser Alge, welche sich meines Wissens in der Cultur kaum ein paar Stunden lebend erhält [1]), das Wasser alsbald durch Extraction des Phycocyan prächtig blaufärben: während die im Leben schwarzblauen Zellen nach der Extraction als Rückstand ein so reingrünes Chlorophyll zeigen, dass jüngere Lemaniafäden alsdann von feiner Enteromorpha sich kaum unterscheiden lassen. Dass Lemania in vielen Algensystemen unter die Melanosporeen gesetzt wird, ist unzweifelhaft eine ganz unnatürliche Stellung, und nur durch eine annähernde Aehnlichkeit der Farbe getrockneter, fast schwarzer Exemplare mit der ebenfalls schwarzen von Fucaceen und Phaeosporeen zu erklären.

Aus der Thatsache, dass mehrere Florideen nicht Rhodophyll, sondern Phycochrom enthalten, lässt sich zwar zunächst nur schliessen, dass in jener Algenklasse der Farbstoff eben kein so constantes Criterium ist, wie man anzunehmen geneigt ist. Dieselbe ist also nur eine weitere Ausführung zu dem schon in meiner Abhandlung »Ueber einige Algen von Helgoland, Rabenhorsts Beiträge zur Kenntniss der Algen Heft II« gegebenen Nachweise, dass auch Dictyota dichotoma eine ächte Floridee sei, obwohl sie statt Rhodophyll nur den braunen Farbstoff der Fucaceae, Phaeosporeae und Diatomeae, den ich als Phaeophyll bezeichnet habe, enthält. Ich habe im vorigen Herbst noch eine zweite Meeresalge kennen gelernt, welche in dieser Beziehung mit Dictyota übereinstimmt. An den in doppelter Reihe

1) Dagegen habe ich Batrachospermum vagum von den Seefeldern bei der Heuscheuer in einem kleinen Fläschchen viele Monate lang in bestem Gedeihen erhalten, wodurch sich eine von mir früher gemachte Bemerkung (sur la culture des Algues marines in dem Bulletin du Congrès international de Botanique et d'Horticulture à Amsterdam Avril 1865 p. 117) berichtigt. Ich mache hierbei die Bemerkung, dass alle oben genannten Süsswasserflorideen, gleich der Hildenbrandtia rivularis, sich nur in montanen, nicht in Gewässern der Ebene vorfinden.

stehenden Pfählen des Bollwerks, welches den bei Stürmen besonders exponirten Ostrand des Unterlandes von Helgoland beschützt, bei der Fluth unter Wasser, zur Ebbe dagegen entblösst, zu allen Zeiten aber der Brandung ausgesetzt ist, entwickelt sich eine sehr eigenthümliche Vegetation, die zum Theil schon durch Alexander Braun in seiner Abhandlung »Algarum unicellularium genera nova Lipsiae 1855« bekannt gemacht worden ist. Hier allein wachsen die schwärzlichen Räschen des Codiolum gregarium A. Br., welche mein eifriger Begleiter in Helgoland, Stud. Paul Magnus im Sept. 1865 wieder aufzufinden das Glück hatte, nachdem sie Jahrelang gänzlich verloren gegangen waren. In ihrer Gesellschaft wuchern die seidenartigen Fadenmassen zahlreicher Zoosporeae, welche A. Braun sämmtlich als Ulothrix penicilliformis zusammenfasst, obwohl es mir schien, als seien darunter mehrere verschiedene Arten verborgen; nicht minder häufig der schwarzgrüne Schizosiphon scopulorum; Rhizoclonium salinum; Cladophora repens?; die zierliche Enteromorpha Ralfsii (Tetranema percursum Agardh) Ectocarpusarten u. a. Zwischen ihnen fand ich die neue vielkrallige Tardigrade, welche von Max Schultze gleichzeitig in Ostende beobachtet und von ihm unter dem Namen Echiniscus Sigismundi im ersten Bande des »Archiv für mikroskopische Anatomie« beschrieben worden ist. Zwischen den grünen finden sich auch schwarzbraune Räschen von zolllangen, parallel neben einander liegenden, an den Pfählen wurzelnden seidenartigen Fäden, deren freie Enden etwas kraus gelockt erscheinen, und die getrocknet schwarzbraune, stark glänzende Häute auf dem Papier bilden. Unter dem Mikroskop zeigen die Fäden einen Querdurchmesser von 0,016 mm. ($^1/_{140}$''') bis 0,02 mm. ($^1/_{110}$'''), und sind aus gleich, bis halb so hohen einreihig geordneten, von einer gemeinschaftlichen, ziemlich dicken (0,01 mm. $^1/_{1600}$''') Hüllhaut eingeschlossenen, kurz cylindrischen Zellen gebildet. Sie erscheinen sehr gleichförmig rectangulär, von dichtem farblosen körnigen Zellinhalt erfüllt, der einen grossen centralen blassen, kreisrunden Kern zeigt, umgeben von einem braunen Plasma, das sich strahlenartig (etwa wie das Chlorophyll von Zygnema) durch das ungefärbte Plasma verzweigt (Tab. II Fig. 5). Neben der gewöhnlichen Quertheilung der Zellen, welche die Verlängerung des Fadens bewirkt, kommt an einzelnen Stellen des Fadens auch Längstheilung vor, in Folge deren die Zellen paarweise neben einander zu liegen kommen, und der einreihige Faden eine membranartige Verbreiterung (bis zu 0,4 mm.

mm. $^1/_{56}'''$) erleidet. Es wechseln im selben Faden ein- und mehrreihige Stücke mit einander ab. Dieses Verhältniss erinnert so sehr an die Gattung Schizogonium, dass ich unsere Form um so mehr in der Nähe dieser Chlorophoree vermuthete, als Kützing eine olivenbraune Varietät des Schizogonium laetevirens crispum von Helgoland (Species Algorum p. 351) aufführt. Mit dieser Annahme stand jedoch die Fortpflanzung im Widerspruch. Schizogonium ist, nach der Farbe, wie nach seiner Verwandschaft mit Ulothrix zu schliessen, eine Zoosporee. Bei den braunen Fäden der Helgolander Pfähle geschieht die Fortpflanzung hauptsächlich an den mehrreihigen, verbreiteten Stücken in der Mitte und insbesondere an der Spitze der Fäden, indem deren Hüllmembran blasenartig aufschwillt, und ein mehr oder weniger keulenförmiges Sporangium darstellt (Tab. II. 5 e. f. g.). Die Scheidewände zwischen den einzelnen Zellen werden gallertartig, aufgebläht, dadurch theilweise gelöst; die Zellen selbst verdichten ihren Inhalt; die wässrigen Vacuolen, welche in den vegetativen Zellen dem braunen Plasma ein sternförmiges Aussehen verliehen, verschwinden; letzteres bildet eine dunkelbraune, ringförmige Masse um den centralen Zellkern, und ist selbst von ganz farblosem dichtem Plasma umgeben; die Gestalt der Zellen selbst rundet sich ab, wird kuglig, elliptisch, citronenförmig, oder unregelmässig eckig; so stellen dieselben, als freigewordene, membranlose Primordialzellen, die Sporen dar. Die Zahl der Sporen in einem Sporangium beträgt 3, 5, 7 und mehr; ihren längeren Durchmesser bestimmte ich zu 0,016—0,024 mm. ($^1/_{140}$—$^1/_{95}'''$). Ihr Austritt geschieht, indem eine Spore an irgend einer Stelle die Sporangiummembran durchreisst (Fig. 5. h.); die übrigen Sporen folgen dann langsam durch dieselbe Oeffnung, vor der sie ruhig liegen bleiben; das reihenweise Austreten erinnert, gleich dem Ansehen der Sporen, ganz an die Polysporen der Florideen. Nach einiger Zeit ist das Sporangium leer bis auf einzelne Sporen, die in den Fächern zurückbleiben und dort keimen (Fig. 5. A. f). Auch aus einreihigen Fadenstücken brechen oft die Primordialzellen als Sporen aus, indem jede einzeln die Hüllhaut durch eine seitliche Oeffnung durchreisst; die Querscheidewände bleiben alsdann meist erhalten (Fig. 5. A. e). Einmal sah ich, dass eine Spore bei ihrem Austritt durch den seitlichen Riss in der Hüllhaut hindurchgezwängt, sich biscuitförmig einschnürte und die ausgetretene Hälfte, wie es auch bei der Geburt der Zoosporen von Vaucheria nicht selten vorkommt.

von der innerhalb der Membran enthaltenen abriss, und so gewissermassen zwei Sporen bildete (Tab. II. Fig. 5 i).

Trotz meiner sorgsamsten Nachforschungen wegen etwaiger Bewegungen dieser Sporen gelang es mir niemals, auch nur die geringste Spur einer solchen wahrzunehmen, so dass dieselben offenbar ebenso bewegungslos sind, wie die Sporen von Dictyota, Lemania oder die der rothen Florideen. Sie keimen sofort, indem sie sich an irgend einem festen Körper, oft an ihren eigenen Fäden, anhängen oder vielmehr durch eine Art Gallert ankleben, bald darauf eine deutliche, wenn auch zarte Zellmembran zeigen, und sich spindelförmig verlängern, wobei das berührende Ende sich wurzelartig verschmälert, während das andere sich quertheilt, und durch successiv wiederholte Theilungen in einen einreihigen Faden auswächst (Fig. 5 l—o).

Die braune Farbe der Zellen wie der Sporen dieser Alge, die keine Spur von Roth zeigt, liess mich längere Zeit ihre wahre Stellung im System verkennen; erst sorgfältigere Vergleichungen überzeugten mich, dass ich es mit einer Art der Gattung Bangia zu thun habe, die zwar von Kützing fälschlich unter die Ulotricheae eingeordnet ist, die aber, wie Thuret in »Le Jolis Liste des Algues marines de Cherbourg« hervorhebt, zu den Florideen, in die Nähe von Porphyra gehört [1]). In der That ist die Entwicklungsgeschichte der Sporen bei Bangia, wie ich sie im Obigen gegeben, im Wesentlichen bereits von Solier und Derbès (Mémoire sur la physiologie des Algues p. 64, Pl. XVI u. XXIII) für Bangia lutea J. Ag., B. fuscopurpurea J. Ag. und B. atro-purpurea Ag. dargestellt worden. Schwieriger, ja ohne Vergleichung von Originalexemplaren gradezu unmöglich ist die Ermittlung der Art, zu der die Helgolander Bangia zu ziehen ist. Kützing (spec. Algarum) kennt aus Helgoland nur Bangia investiens β aurantia; aus der Nordsee B. subaequalis crispa und fusco-purpurea; letztere scheint jedoch nach Exemplaren in Rabenhorsts Sammlung durch dichter gedrängte Zellen und grössere Dicke der Fäden verschieden; ohne mir über den Werth der Kützingschen Arten ein Urtheil zu erlauben, will ich die unsrige als Bangia

---

1) Wenn A. Kerner die von ihm in Innsbruck an dem Ausfluss der Haller Soole beobachtete Bangia fusco-purpurea aus benachbarter Ulothrix durch natürliche Züchtung hervorgehen lässt, so werden ihm wohl wenig Phycologen darin ihre Zustimmung schenken (Oesterr. bot. Zeitung. 1865. No. 5).

subaequalis Kg. bestimmen, da mit ihr Kützings Abbildung (Tab. 25. Fig. III der Tabulae phycologicae) am besten übereinstimmt.

Dass Bangia nicht, wie Kützing wollte, in die Nähe von Ulothrix gehöre, sondern eine Floridee sei, kann nach dem übereinstimmenden Urtheile aller neueren Phycologen um so weniger bezweifelt werden, als Solier und Derbes, sowie Thuret auch die Antheridien dieser Gattung, die im wesentlichen mit Porphyra übereinstimmen, beobachtet haben. Unsere Bangia subaequalis zeigt uns demnach eine Floridee, gleich Dictyota, mit braunem Zellinhalt, der jeden Beobachter, ohne Kenntniss der Sporenbildung, verleiten müsste, sie für eine Phaeosporee zu halten; dabei gehört dieselbe zu einer Gattung, die nicht blos rothe Arten, sondern auch solche mit spangrünem Zellinhalt umfasst; wenigstens kennt Kützing eine Varietät chalybea von Bangia fusco-purpurea, eine Bangia atropurpurea, basi chalybea; eine andere wird als purpureo-chalybea oder als nigro-violacea, eine B. versicolor wird als fusca, violacea, vel purpureo-viridi-variegata charakterisirt. Hiernach scheint Bangia Arten mit Rhodophyll, Phaeophyll und Phycochrom zu vereinigen.

Die grosse Zahl von Florideen, welche statt Rhodophyll Phycochrom enthalten, weist nicht nur auf die nahe Verwandtschaft dieser beiden Farbstoffe, sondern leitet auch zu Betrachtungen über die systematische Stellung derjenigen Algenklasse, in welcher das Phycochrom ausschliesslich herrscht, der Oscillarinen. Diese werden gewöhnlich an den Anfang der Chlorosporeen gestellt, von denen sie jedoch durch eine schroffe, von keiner vermittelnden Form überbrückte Kluft getrennt bleiben. Der diagnostische Charakter der Chlorosporeen scheint mir in ihren geschlechtslosen Sporen zu liegen, die durch flexile Bewegungsorgane (Geisseln, Cilien) in selbstthätige Bewegung gesetzt werden; gleichartige Bewegungsorgane sind auch unter den sexuellen Fortpflanzungszellen für die männlichen Samenzellen charakteristisch; auf der andern Seite finden sich bei einzelnen Gattungen (Volvocineae) Flimmercilien selbst in den eigentlichen vegetativen Zuständen der sterilen Zellen. Es scheint mir daher der Name der Zoosporeen für diese Abtheilung der Algen durchaus bezeichnend. Bei keiner Phycochromalge sind bis jetzt Zellen mit Flimmercilien, weder in den sterilen, noch in den Fortpflanzungszellen aufgefunden worden. In dieser Beziehung entsprechen die Oscillarinen unter allen Algen allein den Flori-

deen, deren sämmtliche Fortpflanzungsorgane als membranlose Primordialzellen auftreten, die nie mit Flimmercilien und daher auch nicht mit selbstthätiger Bewegung begabt sind. Die Oscillarinen und Florideen nehmen in Bezug auf den Mangel der Flimmercilien im Reiche der Algen eine ähnliche scharf abgegränzte Stellung ein, wie etwa die Arthropoden unter den niederen Thieren. Täusche ich mich nicht, so tritt selbst die Entwicklungsgeschichte, welche ich oben von Bangia subaequalis gegeben, zu der durch Thuret und de Bary bei verschiedenen Nostocaceen erforschten in eine gewisse verwandtschaftliche Beziehung. Ich möchte aus alledem den Schluss ziehn, dass die Oscillarineen in einem natürlichen System von den Chlorosporeen, neben denen sie gewöhnlich eingereiht werden, getrennt, und vielmehr als niederste Stufe einer besonderen Organisationsreihe unmittelbar vor die Florideen gestellt werden müssen. Manche Gattungen der Chroococcaceen, namentlich Palmella (cruenta) in Vergleich mit Porphyra, sowie Lyngbya, Bangia und Chantransia möchten die Verbindung zwischen diesen beiden Klassen in natürlicher Weise herstellen. Insbesondere kommen sich Bangia und Lyngbya in mehreren ihren Arten so nahe, dass es schwer scheint, die beiden Gattungen stets aus einander zu halten, und Hassal sogar — obwohl mit Unrecht — ihre Vereinigung vorschlug. Von der Gattung Goniotrichum bemerkt Thuret, obwohl er selbst sie neben Bangia zu den Florideen stellt: »Genus ad Palmelleas aut Nostochineas forsan referendum.«

Da meiner Ueberzeugung nach auch die Bacterien und Vibrionen in die Verwandtschaft der Chroococcaceen und Oscillarien gehören, wenn sie auch — in Folge ihrer parasitischen Lebensweise — gleich Beggiatoa und Hygrocrocis, alles Farbstoffs entbehren, so würden in dieser Abtheilung die niedersten aller Organismen überhaupt anzutreffen sein.

Als höchste Entwicklungsstufe dieser Reihe möchte ich die Lichenen betrachten. Dass dieselben, und zwar die Gruppe der Collemaceen auffallende, freilich noch nicht genügend aufgeklärte Beziehungen zu den Nostocaceen und Scytonemeen zeigen[1]), ist bekannt; ebenso erwähnte ich bereits, dass auch

1) Dass die Gonidienschnüre der Collemaceen den Fäden gewisser Nostoceen in Form, Färbung und Entwicklungsgeschichte zum Verwechseln

die heteromerischen Flechten die einzigen höheren Pflanzen sind, deren Zellen zum Theil Phycochrom enthalten; von den merkwürdigen Farbstoffen anderer Arten ist zwar der anatomische Sitz noch nicht genügend erforscht; indessen ist es mir nach den neueren Untersuchungen von Nylander wahrscheinlich, dass diese Pigmente in den Gonidienzellen ihren Sitz haben, vielleicht auch im Leben mit Chlorophyll verbunden, und erst nach dem Tode durch Wasser ausgezogen werden. Ich lege geringeren Werth darauf, dass die Anatomie der Lichenen (das fasrige Geflecht der Markschicht, das nach aussen in das Merenchym der gonimischen und in das engzellige Parenchym der Rindenschicht ausstrahlt) sich im wesentlichen bei den meisten Florideen (Halymenia, Ginnania, Polyides, Laurencia etc.) wiederholt, oder dass die Haftscheibe von Polyides, Halymenia etc. der Entwicklung nach offenbar dem Hypothallus der Cladonien entspricht; auffallender ist die Analogie der krustigen Florideen (Peyssonellia, Hildenbrandtia, Melobesia) mit den angiocarpischen Krustenflechten, nicht blos im Habitus, sondern auch in den Früchten (Pyrenien mit einem dichten, durch einen Porus geöffneten Perithecium, dessen Kern aus 2 bis 4 sporigen Zellschläuchen (resp. Tetrasporen), untermischt mit Paraphysen, besteht). Am wichtigsten scheint mir die Analogie im Bau und der Entwicklungsweise

---

gleichen, auch, wie diese, durch farblose Grenz- oder Dauerzellen abgetheilt sind, ist schon lange bekannt (vergleiche Schwendener Untersuchungen über den Flechtenthallus in Nägelis Beiträgen III, p. 135). De Bary in seinem ausgezeichneten Pilzwerk hält einen directen genetischen Zusammenhang zwischen Nostoc und Collema für höchst wahrscheinlich, da zwischen den Gonidienketten des letzteren und den Nostocschnüren, wenn man von den Hyphen des Collementhallus absieht, nicht der geringste Structurunterschied bestehe. Ebenso bestehe ganz unzweifelhaft ein genetischer Zusammenhang zwischen der Flechtengattung Ephebe und ihren Verwandten mit gewissen Scytonemaceen (Sirosiphon), von denen sie sich eben nur durch die Hyphen und die Frucht unterscheiden. Bei den Gallertflechten mit nicht gereihten Gonidien (Synalissa, Omphalaria) sind die freien Gonidiengruppen gewissen Chroococcaceen (Gloeocapsa) in auffallender Weise ähnlich (l. c. p. 290. 291).

Zu bemerken ist, dass farb- und körnerlose Grenzzellen (Heterocysten), wie sie die Fäden der Oscillarien und Gallertflechten charakterisiren, von Rosanoff auch im laubartigen Gewebe gewisser Florideen (Melobesia farinosa) entdeckt worden sind (Recherches anatomiques sur les Melobesiées p. 38. Pl. II. fig. 11. 12).

der männlichen Organe bei beiden Klassen. Die **Spermogonien** der Lichenen (und der mit ihnen zu vereinigenden Ascomyceten) bestehen bekanntlich im wesentlichen aus dicht verästelten Zellbüscheln, deren einzelne kleinzellige Glieder (Spermatien) sich bei der Reife von einander trennen, aber keine Bewegung zeigen. Ganz ebenso ist aber auch der allgemeine Bau der Antheridien bei den Florideen trotz der grossen Verschiedenheit bei einzelnen Gattungen; die Florideenantheridien weichen so ganz und gar von denen der übrigen Algen und der höheren Cryptogamen (mit durch freie Zellbildung in grossen Mutterzellen erzeugten, durch Cilien bewegten Samenkörperchen) ab, dass ich nicht anstehen möchte, die betreffenden Organe der Florideen gradezu als Spermogonien, und ihre Samenzellen als Spermatien zu bezeichnen [1]). Wie immer auch die befruchtende Function der unbeweglichen Spermatien bei Florideen und Lichenen stattfinden mag, so ist sie doch zweifellos von den bei allen übrigen Kryptogamen stattfindenden Vorgängen grundverschieden. Ob und in wie weit die sogenannten Vierlingsfrüchte der Florideen den Sporenschläuchen der Lichenen sich vergleichen lassen, und in wiefern die **Kapselfrüchte** mit ihren **Cystosporen** den **Pycniden** und **Stylosporen** entsprechen, will ich hier nicht erörtern; der gänzliche Mangel an eigener Bewegung aber in **sämmtlichen** Fortpflanzungszellen der beiden Klassen [2]) ist jedenfalls ein

---

1) Allerdings sind die Samenkörperchen der Florideen nackte Primordialzellen, die aus ihrer Mutterzellhaut ausschlüpfen; doch wiederholt sich der Charakter der Membranlosigkeit auch bei den Sporen der Florideen im Gegensatz zu denen der Flechten, und möchte mit der bei den Algen überhaupt sich so häufig wiederholenden Verflüssigung der Zellmembranen in Zusammenhang stehen. Auch scheinen jene Fortpflanzungszellen der Florideen nicht sowohl membranlos, als mit einer dünnen Gallertschicht bekleidet zu sein.

2) Ich habe in Hedwigia I, p. 3. 1852 darauf aufmerksam gemacht, dass die als Protococcus crustaceus, oder als Chroolepus umbrinus bezeichnete Alge nach der Meinung der bedeutendsten Lichenologen als Entwicklungszustand (Erythrogonidien) gewisser Flechten aufgefasst werde. Da sich nun Protococcus crustaceus durch Zoosporen fortpflanzt, so würde dadurch auch für gewisse Lichenen Schwärmzellenbildung nachgewiesen sein. Caspary hat allerdings den hypothetischen Zusammenhang zwischen Chroolepus und jenen Flechten für eine phantastische, keiner ernsten Widerlegung würdige Annahme erklärt (Flora 1858, No. 36). De Bary dagegen kann keinen Unter-

überaus wichtiges Moment, das sie von den übrigen Kryptogamen ausscheidet und ihre Zusammengehörigkeit evident macht.

Wenn wir im Obigen den Samenkörpern der Florideen Cilien und eigene Bewegung absprechen, so finden wir uns in Uebereinstimmung mit allen neueren Phycologen, insbesondere Thuret, A. Braun und Pringsheim (vergleiche die Bemerkungen in meinem Aufsatze über Dictyota in Rabenhorsts Beiträgen Heft II, p. 25). Allerdings haben bekanntlich Solier und Derbès in ihrem »Mémoire sur la physiologie des Algues« die entgegengesetzte Behauptung ausgesprochen und lebhafte Bewegungen der Antherozoiden in positivster Weise bei mehreren Florideen, insbesondere bei Bangia, Polysiphonia, Nitophyllum, Laurencia, Callithamnion und Ceramium beschrieben und in ihren Abbildungen dargestellt. Hier vermuthete bereits Thuret eine Verwechslung mit Monaden. Vielleicht erklärt die nachstehende Beobachtung das den Angaben von Solier und Derbès zu Grunde liegende Missverständniss. Als ich von Polysiphonia violacea, welche auf Chorda Filum bei Helgoland häufig wächst, Antheridienexemplare unter dem Mikroskop untersuchte, fand ich zwischen den abgelösten, stets unbeweglichen Samenzellen oder Spermatien zahlreiche farblose Körperchen, jenen ganz ähnlich, aber in zickzackartiger Bewegung umherschnellend, so dass ich sofort an die Beschreibungen von Solier und Derbès über das »mouvement saccadé et tremblotant« der angeblichen Florideenantherozoiden erinnert wurde. Eine genauere Untersuchung zeigte aber einen andern Ursprung dieser Körperchen. An den Rindenzellen der Polysiphonia, und zwar namentlich an den jüngern, in Haare auslaufenden Aestchen sassen nämlich parasitische Organismen fest, in Form kuglicher Zellen, mit verdünnter oder abgeplatteter Basis der Cuticula der Polysiphonia dicht anliegend, ohne in das Innere ihrer Rinde einzudringen (Tab. II. Fig. 2).

---

schied zwischen jener Alge und den im Thallus der Graphideen befindlichen Gonidien finden, und neigt sich durchaus zu der Annahme eines genetischen Zusammenhangs zwischen beiden Gebilden. Indessen ist der entscheidende Nachweis jener Abstammung des rothen Protococcus oder Chroolepus, der freilich den oben aufgestellten Satz der Abwesenheit von Zoosporen bei den Flechten erschüttern würde, noch nicht geführt.

Einige Schwierigkeit machen auch die Conjugaten (Zygnemeen, Desmidieen, Diatomeen), insofern diese ihrer Verwandtschaft nach offenbar zu den chlorophyllgrünen Zoosporeen gehören, gleichwohl aber an ihren Fortpflanzungszellen noch keine Cilien haben erkennen lassen.

Es sind dies einzellige Schmarotzer, der Gattung Chytridium angehörig, deren Vorkommen im Meere bisher noch nicht bekannt gewesen ist; ich habe daher die neue Art als Chytridium Polysiphoniae m. bezeichnet. Die jungen Chytridien, die oft gruppenförmig traubig zusammensitzen, sind wurzellos, mit farblosem hellerem Protoplasma gefüllt; anfänglich kuglich, nehmen sie, indem sie sich rasch vergrössern, durch gegenseitiges Abplatten oft eckige Formen an; ihr Plasma wird dunkler und feinkörnig, von grossen Vacuolen durchsetzt, die später wieder verschwinden. Wenn ausgewachsen, besitzen sie einen Durchmesser von 0,033 mm. und ein sehr dunkles, dicht gekörntes Protoplasma, welches durch freie Zellbildung in zahllose Zoosporen zerfällt. Bei der Reife löst sich der obere Theil der Mutterzelle durch einen kreisrunden Deckel ab, und aus der Oeffnung von 0,0013 mm. Durchmesser schwärmen die Zoosporen aus, kleine farblose Kügelchen mit dunklerem Kern, durch eine hinten nachschleppende Geissel zu springenden Bewegungen befähigt. Ist der grösste Theil der Zoosporen ausgeschwärmt, so sieht man die wenigen zurückbleibenden in ihrer Mutterzelle umherhüpfen und sich wohl an die Innewand derselben anheften; die entleerte Membran der Mutterzelle zeigt eine schwärzliche Farbe und ist dicht punktirt; die Zoosporen haben etwa 0,0025 mm. im Durchmesser und lassen sich daher leicht mit den fast gleichgrossen Samenzellen (Spermatien) der Polysiphonia verwechseln. Bei der Keimung setzen die Zoosporen sich an die Rinde eine Polysiphonienästchens an, und wachsen allmählich zu einer grösseren Kugel aus; die Grösse, welche sie erreichen, scheint von der Nahrung abzuhängen; denn ich fand auch kleinere Exemplare von höchstens 0,025 mm. Durchmesser, welche gleichwohl schon reife Sporen enthielten. Hiernach habe ich die Diagnose des Chytridium Polysiphoniae in »Hedwigia 1865. No. 12, p. 169« folgendermaassen bestimmt:

Ch. Polysiphoniae n. s. cellulis solitariis vel saepius socialibus subglobosis vel subangulatis basi plana ad cuticulam Polysiphoniae appressis utriculos Polysiphoniae vix iniuriantibus radicula carentibus, zoosporiferis membrana nigrescente circumdatis operculo orbiculari circumscisso apertis; zoosporis numerosissimis hyalinis nucleolo et cilia flexili instructis saltantibus.

Diameter cellularum usque ad 0,033 mm. ($^1/_{65}$''') operculi ad 0,013 mm. ($^1/_{160}$''') zoosporarum 0,0025 mm. ($^1/_{870}$''').

Nidulat ad Polysiphoniae violaceae Chordam Filum habitantis

ramos superiores in mari prope rupes occidentales Insulae Helgoland. Sept. 1865.

Dass Solier und Derbés die Zoosporen von Chytridien mit den Samenkörperchen von Florideen verwechselt haben, geht mir unzweifelhaft aus ihrer Beschreibung und Abbildung bei Aglaophyllum ocellatum (l. c. p. 67. Pl. XXI. fig. 10—12) hervor. Hier wird offenbar ein auf dem Thallus des Aglaophyllum aufsitzendes Chytridium dargestellt, von kuglicher Form mit grauem feinkörnigem Inhalt (fig. 10 a), der sich in »granules animés d'un mouvement très manifeste« umgestaltet. Es wird nun geschildert, wie diese Körperchen einzeln oder in Masse austreten, und sich allmählich mit Hülfe einer nachschleppenden Geissel gewaltsam (brusquement), nach Art von Monaden, nach allen Richtungen zerstreuen. Nach den Figuren Pl. XXI. 10 a und 11 b zu schliessen, scheint das auf den männlichen Exemplaren von Aglaophyllum beobachtete Chytridium mit meinem Ch. Polysiphoniae identisch. Von den Arten des süssen Wassers scheint diese Art am nächsten mit dem Chytridium Olla Al. Braun verwandt wegen des scharf abgegrenzten Deckels, unterscheidet sich aber durch den Mangel der Wurzel und die schwärzliche Farbe der entleerten Zellen.

Auch bei andern Florideen habe ich in Helgoland Chytridien beobachtet, die zu der Verwechslung mit Samenkörpern Anlass geben könnten. Das zierliche Antithamnion Plumula Thur. wächst daselbst im Nordhafen nicht selten auf Steinen, in Exemplaren mit Spermogonien wie mit Di- und Tetrasporen. Die einreihigen Hauptstämmchen entsenden an jeder Scheidewand, dicht unterhalb derselben je zwei gegenüberstehende, fast rechtwinklich abgehende Aeste, welche selbst wieder unter der Scheidewand jeder ihrer Zellen je einen aufwärts gerichteten Zweig ausschicken. Letztere verzweigen sich an einzelnen Scheidewänden nochmals einseitig; an den meisten der übrigen Zellen dieser Zweige, und zwar oft ganz regelmässig dicht unter jeder Scheidewand, bilden sich seitliche Anschwellungen, die allmählich sich zu eiförmigen Auswüchsen entwickeln, und wie junge Astansätze aussehen, die reihenweis neben einander den Zweigzellen aufsitzen (Tab. II. Fig. 3). Die Entwicklungsgeschichte zeigt, dass wir es hier ebenfalls mit parasitischen Chytridien zu thun haben, die jedoch — abweichend von Ch. Polysiphoniae — als Entophyten, nicht als Epiphyten auftreten, indem sie im Innern der Antithamnionzellen sich entwickeln, ohne jedoch deren Inhalt in sichtbarer Weise zu

beschädigen. An der Aussenseite dieser Zellen sieht man zuerst je ein farbloses Kügelchen anhaften, das wir als in Keimung begriffene Zoospore des Chytridium zu betrachten haben. Bald darauf finden wir dieses Körperchen im Innern der Zelle, zwischen der Zellmembran und dem Primordialschlauch, der durch den fremden Eindringling etwas zurückgedrängt, aber nicht durchbohrt wird (Fig. 4 a. b). Den Moment des Einschlüpfens zu belauschen, ist mir leider nicht geglückt. Sobald die Zoospore sich auf der Innenseite der Antithamnionzelle befindet, so wächst sie und nimmt die Gestalt eines linsenförmigen Körpers an, der auf dem eingedrückten rothen Primordialschlauch platt aufsitzt. Die Zellmembran wird oberhalb der Zoospore aufgebläht, und indem diese, keimend und sich mehr und mehr vergrössernd, Eiform annimmt, bleibt sie von der ausgestülpten Antithamnionmembran umschlossen (Fig. 4 c. d). Auch das rothe Protoplasma bildet oft noch einen sehr dünnen Ueberzug des Parasiten. In diesem selbst nimmt der Zellinhalt allmählich eine dunkel-feinkörnige Structur an (Fig. 4 e), und wandelt sich schliesslich in zahllose Zoosporen um, die die Höhle ihrer Mutterzelle dicht erfüllen und später durch eine unregelmässige seitliche Oeffnung derselben entleert werden (Fig. 4 f.). Die mit Zoosporen erfüllten Chytridien nehmen zuletzt eine sehr charakteristische röthliche oder bräunliche Färbung an, die auch an den entleerten Zellen erkennbar bleibt. Es glückte mir nicht, den Moment des Ausschlüpfens selbst zu beobachten; dagegen fand ich, dass ganz unreife Chytridien mit homogenem Protoplasma in einem mikroskopischen Präparat mit Seewasser nach zwei bis drei Tagen feingekörnt und theilweise entleert waren. Bei längerer Aufbewahrung im Präparat wird der Zellinhalt der Chytridien stark lichtbrechend, ölartig.

Ich habe diesen merkwürdigen Entophyten, der namentlich dadurch interessant ist, dass er die einfachste Form einer Gallenbildung darstellt, als eine neue Art: Chytridium Plumulae bezeichnet, und folgendermaassen charakterisirt:

Chytridium Plumulae n. s. cellulis subglobosis vel saepius ovalibus eradicatis entophytis, zoosporiferis rubescentibus vel fuscescentibus; zoosporis numerosissimis demum apertura irregulari erumpentibus, singulis singulae Antithamnii cellulae membranam perforantibus infra eiusdem membranam et protoplasma germinantibus processum utriculiformem cellulae hospitalis ramuli instar producentibus et mox explentibus reliquam cellulam vix afficientibus.

Magnitudo Chytridii usque ad $^{1}/_{170}$''' (0,013 mm.).

Nidulat in processibus ovalibus cellularum fere omnium saepissime sursum seriatis Antithamnii Plumulae Thur. lapides in imo mari ad portum insulae Helgoland septentrionalem habitantis. Sept. 1865 [1]).

Ausser den spangrünen und den rothen umfasst die Klasse der Algen bekanntlich noch eine grosse Zahl von Familien, denen ebenfalls das reingrüne Chlorophyll fehlt. In Bezug auf die braunen Algen habe ich in meinem Aufsatze über Dictyota hervorgehoben, dass der Farbstoff derselben, das Phaeophyll, mit dem Chlorophyll mehrere Reactionen gemein hat und sich leicht in dasselbe über-

---

1) Höchst wahrscheinlich gehört ein anderer Entophyt, den ich im Innern der Zellen von Bangia, so wie von Hormidium penicilliforme häufig beobachtete, ebenfalls zur Gattung Chytridium. Es sind dies kugliche Körperchen, von klarem farblosem oder feinkörnigem Protoplasma gefüllt, von verschiedenem Durchmesser, welche sich von dem Chytridium Plumulae hauptsächlich dadurch unterscheiden, dass sie ungefärbt sind, keine Auswüchse ihrer Nährzelle veranlassen, sondern dieselbe vielmehr vollständig tödten. Bei Bangia nehmen diese Schmarotzer oft theilweise bräunliche Färbung durch Aufnahme des Plasma der Nährzelle an, die inhaltsleer geworden, durch ihre Nachbarzellen oft zusammengedrückt wird (Tab. II. Fig 5. 5A). Entwicklung von Zoosporen habe ich nicht zu beobachten Gelegenheit gehabt; dagegen fand ich zwischen der dicken Zellmembran von Hormidium penicilliforme und dem grünen Protoplasma eingeschoben mehremal ein linsenförmiges farbloses Körperchen, welches ich für eine frisch eingedrungene Zoospore hielt. Bleibt demnach ohne vollständige Kenntniss der Entwicklungsgeschichte die Bestimmung dieses Schmarotzers unsicher, so glaube ich doch nach der äusseren Aehnlichkeit mit Chytridium entophytum A. Br. und analogen Arten hier eine neue Art von Chytridium zu erkennen, die ich Ch. entosphaericum genannt, und wie folgt characterisirt habe:

Chytridium? entosphaericum n. s cellulis globosis vel angulatis albis singulis in singula algae cuiusdam marinae cellula evolutis, zoosporis (?) membranam cellulae hospitalis perforantibus infra lumen eius germinantibus enecatamque partim vel totam explentibus.

Diameter Chytridii fere 0,016 mm. ($^{1}/_{130}$''').

Observavi in intimis cellulis Bangiae subaequalis nec non Hormidii penicilliformis Kütz. ad palos plagam (Unterland) insulae Helgoland protegentes crescentium alto fluctu tantum humectatorum. Sept. 1865.

führen lässt. Nach den Ergebnissen meiner Untersuchungen über Phycochrom und Rhodophyll, lag die Vermuthung nahe, dass auch bei den braunen Algen das Pigment aus Chlorophyll und einem zweiten Körper zusammengesetzt ist, welcher die grüne Färbung des ersteren verdeckt. Ich muss jedoch bemerken, dass es mir nie gelungen ist, eine solche Spaltung des Phaeophylls (beim Maceriren oder Trocknen dieser Algen) herbeizuführen. Wir müssen daher noch die Annahme für wahrscheinlicher halten, dass das Phaeophyll ein dem Chlorophyll nahe verwandter Körper, vielleicht nur eine Modification desselben sei. In systematischer Beziehung scheint dem Phaeophyll eine geringere Bedeutung zuzukommen, als den drei anderen, hier erwähnten Farbstoffen, da dasselbe ausser bei Diatomeen, Phaeosporeen und Melanosporeen vereinzelt auch bei Chlorosporeen und bei Rhodosporeen angetroffen wird. Die eigentlichen Phaeosporeen Thur. scheinen mir nur eine höhere Entwicklungsstufe der Chlorosporeen, an die sie sich in Anatomie, Entwicklung und Fortpflanzung innigst anschliessen; auch die Fucaceen, obwohl in eigenthümlicher Stellung, dürften dieser Abtheilung anzureihen sein, welche sich durch Vermittelung der Characeen aufsteigend nach der Klasse der Moose fortsetzt.

Von den nichtgrünen Farbstoffen der Algen ist noch der rothe, bei gewissen Volvocinen, Protococcaceen, Palmelleen und Chroolepus, sowie in den Sporen mancher Chlorosporeae (Sphaeroplea, Bulbochaete, Volvox) ferner bei Euglena sanguinea auftretende, den ich in meinen Nachträgen zur Naturgeschichte des Protococcus pluvialis zuerst genauer unterschieden zu haben glaube, indem ich ihn als ein scharlachrothes in Alcohol und Aether lösliches, durch Jod blau werdendes Oel charakterisirte. Caspary hat diese Reactionen für Chroolepus umbrinum bestätigt (die Zoosporen von Chroolepus Flora No. 36, 1858). Jedenfalls ist dieser Farbstoff, den ich Haematochrom nennen will, vom Rhodophyll der Florideen, wie von dem purpurnen Phycochrom vieler Oscillarineae durchaus verschieden. Gleichwohl steht fest, dass derselbe zu dem Chlorophyll in nächster Beziehung steht; denn die Beobachtung zeigt nicht nur, dass in gewissen Entwicklungsstadien jener Algen das rothe Haematochrom sich auf Kosten, und vermuthlich auch direct aus dem grünen Chlorophyll umbildet, und umgekehrt, sondern auch, dass bei ganz leichten Modificationen der äussern Verhältnisse die früher rothen Zellen grün erscheinen, und umgekehrt, oder auch

beide Farben in beliebigem Gemisch vereint sind, ohne dass die wesentlichen Lebensthätigkeiten derselben dadurch alterirt scheinen. Dass insbesondere die rothen Chroolepus-Chlamydococcus-Euglenazellen ebenso reichlich Sauerstoff im Sonnenlichte abscheiden als die grünen, lehrt der Augenschein. Ich möchte daher auch in dem Haematochrom nur eine Modification des Chlorophylls vermuthen.

Fassen wir alle diese Thatsachen zusammen, so können wir als Endresultat unserer Untersuchungen den Satz theils als erwiesen, theils für höchst wahrscheinlich gemacht ansehen, dass alle, auch die nicht grünen Pflanzen, welche assimiliren, Chlorophyll, entweder rein oder in Verbindung mit anderen Farbstoffen, oder in gewissen Modificationen enthalten; dass in allen, auch in den nicht grünen Pflanzen Chlorophyll der Träger der Assimilationsprocesse ist.

Die neueren Untersuchungen von Frémy weisen darauf hin, dass das Chlorophyll selbst kein einfacher, sondern ein zusammengesetzter Körper sei, dessen Bestandtheile durch ihr verschiedenes Verhalten gegen Reagentien gespalten, und in Folge dessen isolirt werden, dass namentlich das grüne Chlorophyll in eine gelbe und eine blaue Substanz zerlegt werden könne. Da Stokes aus optischen, andere Forscher auch aus chemischen Gründen die Richtigkeit der Frémy'schen Anschauungen in Zweifel gezogen haben, so begnüge ich mich an dieser Stelle darauf hingewiesen zu haben.

Aeltere Untersuchungen haben angenommen, dass der rothe und blaue Farbstoff der Blüthen (Anthocyan) und der rothe Farbstoff der Blätter (Erythrophyll) aus dem Chlorophyll hervorgehe, während Mohl die völlige Unabhängigkeit beider Farbstoffe aus anatomischen Gründen gerechtfertigt hat, und Wigand das Erythrophyll aus dem Gerbstoff ableitet. Das letztere bildet sich auch in den Blättchen des im Dunkeln gekeimten Roggens, während das Chlorophyll sich bekanntlich nur im Lichte erzeugt. Die von uns über die Spaltbarkeit des Phycochrom und Rhodophyll in Chlorophyll und einen in Wasser löslichen Körper gegebenen Beobachtungen scheinen daher in dem Verhältniss der rothen Farben in Blättern und Blüthen zum Chlorophyll keine Analogie zu finden, um so weniger, als ja überhaupt Phycocyan und Anthocyan, Rhodophyll und Erythrophyll ganz verschiedene Stoffe sind; denn obwohl sämmtlich in Wasser löslich, werden doch die Farbstoffe der Algen durch Alco

hol, Säuren und Salze mit ihrer natürlichen Farbe niedergeschlagen, durch Basen und durch Kochen ebenfalls gefällt aber entfärbt, während die betreffenden Farbstoffe der Phanerogamen bekanntlich durch Säuren roth, durch Basen blau oder grün, aber niemals ausgefällt und auch durch Kochen nicht zerstört werden.

IV. Bemerkungen über die Bewegung der Oscillarineen.

Die Abwesenheit von Flimmercilien bei den Phycochromaceen, welche wir oben als Charakter derselben hervorgehoben haben, bedingt bekanntlich keineswegs den Mangel an Bewegung bei diesen Algen. Vielmehr sind dieselben gerade durch ihre eigenthümlichen Bewegungen berühmt geworden, welche der Gattung Oscillaria ihren Namen gegeben, aber auch bei Nostocaceen und Rivularien beobachtet worden sind.

In Bezug auf diese Bewegung ist zunächst zu bemerken, dass sie kein absolut constantes Merkmal abgiebt, da sie bei Nostocaceen und Rivularien eben nur in gewissen Jugendzuständen, später aber nicht weiter stattfindet. Bei den eigentlichen Oscillarieen: Oscillaria, Spirulina, Beggiatoa, Spirochaete, Vibrio, Spirillum) ist die Bewegung in der Regel zwar zu allen Zeiten, wenn auch nicht immer mit gleicher Energie zu finden; aber die Uebereinstimmung mit nächstverwandten Gattungen (Hygrocrocis, Leptothrix, Phormidium etc.), wo Bewegung gar nicht oder nur ausnahmsweise beobachtet wird, verbietet uns, auf diesen sonst so auffallenden Charakter einen allzugrossen Werth zu legen. Inwieweit hier äussere Verhältnisse (Jahreszeit, Temperatur des Wassers) oder innere (Alter der Fäden) von Einfluss sind, ist noch nicht ermittelt.

Die Bewegungsgesetze der Oscillarien habe ich in meinen »Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte mikroskopischer Algen und Pilze« für Spirulina und die verwandten Formen auf die Combination d r e i e r gleichzeitig stattfindender Momente zurückzuführen gesucht. Der Faden dreht sich 1) stetig um seine Längsachse. Diese Rotation würde jedoch an sich ebensowenig eine Ortsveränderung zu Stande bringen, als etwa die Erde durch ihre Drehung um die Polachse allein von der Stelle käme. Aber mit dieser Rotation ist

stets verbunden 2) ein langsames Fortschieben des Fadens, und zwar in häufig wechselnder Richtung, wodurch derselbe sich, ähnlich wie eine Schraube in ihrer Mutter fortschraubt, indem abwechselnd das eine und das andere Ende vorausgeht. Da die Fäden kein Oben und Unten haben, so lässt sich die Richtung der Drehung nicht nach Rechts und Links bestimmen. Die Rotation um die Längsachse und die aus ihr resultirenden Schraubenbewegungen haben die Oscillarieen mit allen Zoosporen und den meisten Infusorien gemein (vergleiche das Referat meines Vortrages über die Gesetze der Bewegung bei mikroskopischen Pflanzen und Thieren unter Einfluss des Lichtes in dem Amtlichen Bericht der Deutschen Naturforscher-Versammlung in Hannover p. 219, Sitzung der Section für Zoologie und vergleichende Anatomie, 21. September 1865).

Eigenthümlich ist den Oscillarien aber 3) die von mir als Flexilität bezeichnete Eigenschaft, welche darin besteht, dass der Faden sich selbstthätig beugen und wieder gerade strecken, oder in eine Beugung nach der entgegengesetzten Seite übergehen kann. Auch vermag sich der Faden an verschiedenen Strecken seiner Länge nach verschiedenen Richtungen zu beugen, wodurch er eine Wellenform annimmt, was bei grösserer Geschwindigkeit als Schlängelbewegung erscheint. Aus der Combination der Beugung und der Rotation entstehen die bekannten scheinbaren Pendelbewegungen, indem das gekrümmte Ende des Fadens bei der Drehung desselben um die Längsachse einen Kegelmantel, die Spitze einen Kreis beschreibt, der unter dem Mikroskop gewöhnlich als Oscilliren in einer Ebene aufgefasst wird. Die Beugungen geschehen meist gewaltsam und plötzlich, so dass das Fadenende sich heftig nach einer Seite herüberschlägt und wieder zurückfährt, und erinnert oft an die Bewegungen der Würmer namentlich der Nematoden (Trichina, Anguillula). Die Flexilität fehlt den meisten Zoosporen der Algen, kömmt jedoch den Samenfäden zu.

Der Mangel aller sichtbaren Bewegungsorgane bei den Oscillarien hat schon früh die Analogie mit den einzigen sich in dieser Beziehung gleich verhaltenden Organismen, den Diatomeen in Erinnerung gebracht, bei denen allerdings weder Flexilität, noch der Regel nach Rotation stattfindet, wohl aber das dritte Moment, nämlich das Vor- und Rückwärtsgleiten in der Richtung der Längsachse hervortritt, das freilich, ähnlich wie bei den Oscillarien, nicht nur

beständig in der Richtung wechselt, sondern auch in gewissen Lebenszuständen, oder auch bei nächstverwandten Arten gänzlich ausbleibt. Für die Bewegung der Diatomeen hat Max Schultze in seiner jüngst erschienenen Abhandlung im ersten Bande dieses Archivs ein neues wichtiges Moment entdeckt, welches er an die schon früher bekannte Thatsache anknüpft, dass die Diatomeen die Fähigkeit haben, längs ihrer Schale, aber nur in der Richtung bestimmter Seitenlinien, fremde, oft verhältnissmässig sehr schwere Körper aufwärts und abwärts fortzuwälzen. Max Schultze machte nun die scharfsinnige Beobachtung, dass die Ortsbewegung der Diatomeen nur dann zu Stande kömmt, wenn dieselben mit einer jener Seiten eine Stützfläche berühren, auf der sie sich fortzuschieben vermögen.

Meine eigenen Beobachtungen haben das Schultze'sche Gesetz nicht nur für die Diatomeen bestätigt, sondern dasselbe auch für die Oscillarien nachgewiesen.

Bringt man ein Stückchen von einem Oscillarienfilz in eine Schale mit Wasser, so sieht man bekanntlich die einzelnen Fäden strahlenartig nach allen Richtungen sich ausbreiten. Aber niemals verlassen dieselben den Filz vollständig, sondern schrauben sich, nachdem sie ein Stück vorwärts gekrochen, wieder in den Filz zurück, und so abwechselnd.

Vertheilt man die Fäden eines Oscillarienfilzes durch Schütteln in einem Glase mit Wasser, so setzen sie sich sämmtlich am Grunde ab und verflechten sich in kurzer Zeit zu einem hautähnlichen Filz, der den Boden bedeckt. Dieser Filz breitet sich um so weiter aus, je mehr sich die Zahl und Länge der Fäden durch Theilung ihrer Zellen vermehrt. Hat der Oscillarienfilz den ganzen Boden überdeckt, so spinnt er sich aufsteigend auch längs der Seitenwände des Glases, diesen dicht anliegend, in Form eines cylindrischen Sackes weiter, bis er die Oberfläche des Wassers erreicht. Befinden sich im Wasser feste Körper, Steine, Wasserpflanzen etc., so steigt der Oscillarienfilz auch an diesen empor, sie mehr oder weniger dicht einhüllend, oft die feinsten Zwischenräume mit seinen Fäden ausfüllend. Dasselbe findet Statt, wenn durch Gasblasen kleine Stückchen des Oscillarienfilzes an die Oberfläche des Wassers gehoben werden, auf der sie schwimmen; man sieht bald von der Masse aus die Fäden sich nach allen Richtungen zu einem dünnen Häutchen fortspinnen, wobei sie die Fläche des Wassers als Stützfläche

benutzen. Aber niemals findet man Oscillarien frei im Wasser schwimmend, wie dies alle Zoosporen thun, noch begeben sie sich jemals von einem Punkte nach einem anderen, wohin sie nicht durch Contact mit dazwischenliegenden festen Körpern gelangen können. Nie erreicht der Oscillarienfilz einen im Wasser befindlichen Gegenstand, bevor er nicht alle dazwischenliegenden Punkte berührt hat. In der Regel benutzen die Oscillarien ihre eigenen Fäden als Stütze, so dass die eine sich an der andern vorüberschiebt, oder, wie bei den Spirulinen, zwei Spiralen sich an einander fortschrauben, oder auch wohl das eine Ende des Fadens sich um das andere schlingt und an diesem auf und abwindet (vergleiche meine Untersuchungen mikroskopischer Algen und Pilze Taf. XV, fig. 13, 14 und Taf. I, fig. 2 und 6 dieser Abhandlung). Sehr instructiv sind in dieser Beziehung die Beobachtungen, welche ich in meinem Zimmeraquarium, sowie in einem grösseren, in diesem Jahre von mir im hiesigen zoologischen Garten eingerichteten Seeaquarium gemacht habe. Wenn das Gefäss mit Seewasser gefüllt ist, so erscheint früher oder später, in wenig Tagen oder Wochen, je nach der Beleuchtung und Temperatur, auf den eingesetzten Felsstücken, und den Wänden des Gefässes ein grüner, rother oder brauner Anflug. Der letztere besteht aus Diatomeen, die ersteren aus Oscillarineen, deren Keime offenbar in allem Seewasser enthalten sind, und die, je nach der mehr oder minder reichlichen Vermehrung, auch dem blossen Auge früher oder später bemerklich werden. Es stellt sich hierbei heraus, dass sowohl Diatomeen als auch Oscillarineen durch das Licht in ihrer Vermehrung gefördert werden; denn es sind nur die dem Lichte zugewendeten Seiten der Felsen, welche die Färbung durch jene Organismen zeigen, während die beschatteten Flächen davon frei bleiben. Dennoch zeigt sich hier ein wesentlicher Unterschied gegen die oft gleichzeitig sich entwickelnden Zoosporeen und Phaeosporeen. Die Schwärmsporen dieser Algen begeben sich nämlich am liebsten nach dem am hellsten beleuchteten Punkte des ganzen Raumes, so dass sie quer durch das Wasser schwimmend sich vorzugsweise an der dem Fenster zugewendeten Seite des Gefässes anhäufen. Ist daher das Aquarium nicht zu gross, als dass die mit einer absolut immerhin nur unbedeutenden Bewegungsfähigkeit begabten Zoosporen während ihrer Schwärmzeit den Raum desselben völlig durchmessen können, so findet man in den vom Fenster abgekehrten Theilen, ebenso wie am Boden nicht eine einzige kei-

mende Zoosporee, während von Diatomeen und Oscillarien auch die hintersten Felsstücke, freilich nur auf ihrer Lichtseite, sowie der der ganze Boden überzogen wird. Diese Erscheinung erklärt sich nicht aus einem geringeren Einfluss des Lichtes auf die Bewegungen der letzteren Organismen, aus einem geringeren Lichthunger derselben, sondern daraus, dass dieselben da liegen bleiben, wo ihre Keime aus dem Seewasser sich absetzten, und dass sie von diesen Ausgangspunkten aus sich nur schrittweise auf ihren Unterlagen weiter zu schieben vermögen, wobei allerdings ihre Ernährung und Vermehrung wie bei allen Pflanzen durch den Einfluss des Lichtes auf das lebhafteste gefördert wird, im Schatten dagegen nur wenig oder gar nicht vorgeht, während die Zoosporen selbstthätig die ihnen zusagenden Räume aufsuchen.

Max Schultze hat zur Erklärung der Diatomeen-Bewegungen die geistvolle Hypothese aufgestellt, dass durch Spalten in ihrer Kieselschale das contractile Protoplasma des Zellinhalts in einer unmessbar dünnen Schicht nach aussen trete, und dass die Bewegungen dieses Protoplasmastreifens es seien, welche einerseits das Fortschieben adhärirender fremder Körper, andererseits das Fortgleiten der Zelle selbst über ihre Unterlage veranlassen. Der directe optische Nachweis eines auswendigen Protoplasmastreifens längs der Panzernäthe, der an den contractilen Fuss der gepanzerten Rhizopoden, namentlich von Arcella erinnern würde, ist zwar auch bei den Diatomeen durch M. Schultze nicht gegeben worden, und auch mir nicht gelungen. Aber wenn bei den Diatomeen diese Annahme in der Structur der Schale eine wesentliche Stütze findet, so macht bei den Oscillarineen die Beschaffenheit der anscheinend völlig geschlossenen und gleichförmigen Zellmembranen, die ja ausserdem oft noch von einer derberen Scheide umhüllt sind, eine solche Hypothese keineswegs wahrscheinlich. Allerdings adhäriren fremde Körnchen mit einer gewissen Stärke an den Oscillarienfäden, und lassen dieselben an sich vorübergleiten; noch häufiger sieht man ein Oscillarienbruchstück an einem rotirenden Faden mit einem beliebigen Punkte sich der Quere nach anlegen, und von diesem nun, gleich einem doppelarmigen Hebel im Kreise herumgedreht, ohne abgeworfen zu werden. Dennoch gelang es mir selbst mit einer Hartnackschen Immersionslinse nie, eine besondere Plasma-Schicht ausserhalb der Zellhaut zu unterscheiden. Steht es demnach auch wohl fest, dass ein Oscillarienfaden gleich einer Diatomee sich der Regel nach nicht

frei im Wasser von der Stelle bewegen kann, es sei denn, dass er einen andern Faden, oder einen fremden Körper als Stützpunkt benutzen kann, so vermag ich doch vorläufig die Ursache davon nur darin zu finden, dass ein solcher Stützpunkt erforderlich ist, um durch Reibung die den Fäden ursprünglich eigene einfach rotirende Bewegung in eine vorwärts schraubende überzuführen, etwa wie bei einem Wagen die Reibung am Boden allein die um ihre Achse sich drehenden Räder von der Stelle bringt. Eine Ursache für die Rotation der Fäden selbst vermag ich nicht anzugeben.

Was dagegen die Flexilität des Fadens betrifft, die sich mit den Schraubendrehungen combinirt, so beruht diese unzweifelhaft, wie in allen ähnlichen Fällen, auf einer sehr geringen, spontanen Verkürzung der concav werdenden, und auf einer entsprechenden Streckung auf der convexen Seite der Bewegungsstelle. Die verkürzten Partieen strecken sich nach einiger Zeit, während benachbarte, bis dahin verlängerte Stücke sich gleichzeitig verkürzen; daher schreiten die Beugungen wellenförmig über die Länge des Fadens fort. Dies beweist eine gewisse Contractilität des Fadens, für die schon früher De Bary Beweise in den Keimungszuständen von Rivularia und Cylindrospermum gefunden hat (l. c. Flora 1863 p. 12). Allerdings setzt die meist langsame und intermittirende Bewegungsfähigkeit der meisten Oscillarien nur einen sehr mässigen Spielraum für die Verkürzungs- resp. Streckungsfähigkeit ihrer Zellen voraus. Nur einzelne Arten von Spirulina zeigen sehr lebhafte Schlängelung, die eine energischere Contractilität beweist.

Wie im allgemeinen die farblosen Oscillarien (Beggiatoen) sich durch sehr lebhafte Bewegungen auszeichnen, so gilt dies insbesondere von einer neuen und sehr interessanten Art, die ich in meinem Seeaquarium entdeckt und als Beggiatoa mirabilis bezeichnet habe (vergleiche Hedwigia 1865 No. 6, p. 81: Zwei neue Beggiatoen c. tab. I). Auf dem mit Kies belegten Grunde des Aquariums, und insbesondere an den dunkleren Theilen desselben, wo sich im Laufe der Zeit zersetzte Thier- und Pflanzenreste angehäuft, überzog im Winter 1865 und Frühling 1866 ein schneeweisser, schleimig fädiger Ueberzug die Steine mit einem zarten Gespinnste, dessen einzelne Fäden gleich Spinnfäden bei günstiger Beleuchtung deutlich erkennbar waren, und kroch empor an den Stengeln und Aesten der grösseren Algen, ohne sich jedoch weit vom Grunde zu entfernen.

Mit der Pipette herauf geholt, zerfiel das Gespinnst in die ein-

zelnen, ziemlich langen gekräuselten Fäden, die sich in einem Uhrgläschen sofort wieder zu einem weissen Filz sammelten: auf das Objectglas gebracht, glich dieser einem kreideweissen Schleim, der sich aber im Wassertropfen bald wieder fädig entwirrte. Diese ganze Masse war zumeist von einer weissen Oscillaria (Beggiatoa) gebildet, von ungewöhnlicher Stärke der Fäden, die durch die Länge und Breite ihrer Zellen an Ulothrix oder Bangia erinnerte. Die Fäden sind steif, aber auf das wunderlichste gekrümmt, gelockt, in Schlingen und Zöpfe zusammengewirrt; die Membran ihrer fast quadratisch erscheinenden Zellen ist zart, der Inhalt ein farbloses, wasserhelles, von Vacuolen durchzogenes Protoplasma, in welchem kugliche, das Licht stark brechende Körnchen (vielleicht Paramylon) in sehr grosser Anzahl eingebettet, insbesondere den Wänden angelagert liegen (Taf. I. 5) [1]).

Beggiatoa mirabilis zeigte die schon oben geschilderten Eigenthümlichkeiten der Oscillarienbewegung in ausgezeichnetem Maasse. Mit einer gewissen gravitätischen Energie schrauben sich die Fäden aus dem Gewirr vorwärts und rückwärts; ich bestimmte an einem sehr stetig fortkriechenden Faden, dass derselbe in 22—28 Secunden einen Weg von 0,03 mm. ($^1/_{65}$'''), also in der Minute $^1/_{20}$—$^1/_{30}$''', in

---

1) Beggiatoa mirabilis Cohn Hedwigia 1865 n. s. filamentis intricatis mobilibus flexillimis evaginatis apice rotundatis ecoloribus 0,016 m. ($^1/_{130}$''') crassis lineas plures longis; cellulae singulae diametro fere dimidio breviores, membrana tenerrima, granulis hyalinis nigricantibus 0,001 mm. ($^1/_{2000}$''') crassis confertae.

Alges et lapides strato mucoso arachnoideo niveo induit, acidum hydrothionicum exhalat. In Aquario marino Vratislaviensi hieme 1865. Eine zweite noch lebhafter bewegliche, aber weit schmälere Beggiatoa findet sich mehr vereinzelt zwischen B. mirabilis und ist von mir als „B. pellucida l. c. filamentis flexilibus mobilibus evaginatis apice rotundatis hyalinis 0,005 mm. ($^1/_{450}$''') crassis, cellulis singulis diametro fere aequilongis saepe pellucidis et ad genicula tantum granula pauca continentibus. In aquario marino una cum B. mirabili vere 1865" beschrieben worden.

In demselben Aquarium überzog an solchen Stellen, wo ein todtes Thier verweste, den Sand oder die Thierreste selbst eine dritte Beggiatoa mit dünnen kreideweissen Häutchen, die ich von der Beggiatoa alba Ag. nicht zu unterscheiden vermag und deshalb als Begg. alba var. marina (B. filamentis mobilibus flexilibus spisse nigre punctatis inconspicue articulatis, 0,002 mm. $^1/_{800}$''' crassis) charakterisirt habe.

der Stunde $1\frac{1}{2}$—2‴, im Tage 3—4″ zurücklegen würde, wenn er sich immer und in gleicher Richtung fortbewegte. Diese Zahlen veranschaulichen, wie schwer trotz der anscheinend so energischen Ortsveränderung es einer Oscillaria wird, einen neuen Standort aufzusuchen.

Ganz besonders kräftig äusserten bei Beggiatoa mirabilis sich die *Beugungs*erscheinungen; die Fäden krümmten sich gewaltsam im Bogen, so dass sich die entgegengesetzten Seiten zu einer Schlinge berührten, worauf das eine Ende sich um das andere in Folge der Rotation des Fadens wie eine Peitschenschnur herumwand, und auf- und abschraubte, bis die Schlinge sich wieder auflöste und der Faden sich gerade streckte. Nicht minder lebhaft zeigte sich die Flexilität an isolirten Fäden, wie der Vergleich der Figuren ergab, wenn man einen und denselben Faden in regelmässigen Zeitintervallen zeichnete (Taf. I, fig. 4). Wenn ein zur Schlinge zusammengekrümmter Faden gleichzeitig vorwärts kriecht, so bleibt der Bogen oft scheinbar unverändert, während die einzelnen Zellen sich vorüberschieben, woraus hervorgeht, dass alle Theile des Fadens sich nacheinander im Beugungsmaximum befanden.

Noch wunderbarer waren die Bewegungen einzelner Fäden, deren Zellmembran, sei es durch äussere Beschädigung, sei es durch innere Entwicklung, etwas erweicht schien. Es waren nämlich *ganz kurze Contractionswellen*, die über den Faden hinliefen, und denselben in eine Art peristaltischer Bewegung versetzten. An solchen contrahirten Fäden war die Membran auf der concaven Seite der Krümmung eng geringelt, so dass die sonst cylindrischen Zellen eine Keilform zeigten; bald darauf waren diese Stellen wieder glatt gestreckt, und andere Stücke in der Contraction begriffen und geringelt. Namentlich die abgerundete Spitze der Fäden machte durch ihre kurzen ruckweisen Contractionen und Streckungen einen solchen Eindruck des Umhertastens, des Aus- und Einziehens, wie ein Wurmkopf, dass mir der erste Anblick dieses überraschenden Phaenomens wahrhaft unheimlich war (Taf. II, 1). Aehnliche Ringelungen, Zuckungen und Krümmungen zeigten sich aber auch an anderen, namentlich den stärker gebeugten Stellen des Fadens, bis sie mit dem Absterben desselben aufhörten; solche Stellen schwollen nach dem Tode oft blasenförmig auf, indem das endosmotisch aufgenommene Wasser die erweichte Zellmembran anspannte. Es kann nach diesen Beobachtungen wohl nicht bezweifelt werden,

dass den Beggiatoen, und auch wohl allen Oscillarineen eine gewisse Contractilität inne wohnt, die sich durch abwechselnde, partielle, wenn auch nur geringe Verkürzungen und Streckungen der entgegengesetzten Zellhälften äussert, und deren grössere oder geringere Lebhaftigkeit theils von der Lebensenergie der Zellen, theils von der Dehnbarkeit und Elasticität ihrer Membranen abhängt.

Zwischen den Beggiatoafäden beobachtete ich überaus zahlreiche farblose Zellen (Taf. I, fig. 6) von kuglicher oder eirunder Form und wasserhellem Inhalt, der eine grosse Menge das Licht stark brechende Kügelchen in ganz ähnlicher Weise eingestreut enthielt, wie die Zellen der Beggiatoafäden selbst. Manche dieser Kugeln waren auf der einen Seite paukenförmig eingedrückt (Fig. 6 a), oder concav convex, wie eine Niere, auch kurz cylindrisch mit beiderseits abgeflachten Enden (Fig. 6 a), andere in der Mitte eingeschnürt (Fig. 6 d), noch andere durch eine Scheidewand halbirt (Fig. 6 e); ein Mal fand ich ein kurzes Röhrchen mit zwei kugelartigen Erweiterungen an beiden Enden (Fig. 6 g). Ihre Grösse war verschieden; ich mass Körperchen von 0,08—0,02—0,03 mm. ($^1/_{93}$—$^1/_{80}$—$^1/_{60}$''') im Durchmesser. Wenn diese Gebilde schon durch die Organisation ihres Zellinhalts sichtlich an die Beggiatoen erinnerten, so war dies in noch höherem Grade durch ihre Bewegung der Fall; dieselben rollten sich nämlich zwar langsam, aber kräftig längs den Beggiatoafäden hin und her, zwischen denen sie zu tausenden verstreut waren, oder wälzten sich schwerfällig und wie taumelnd auf dem Objectglase von einem Punkte zum andern in unbestimmter Bahn. Nach alledem halte ich es für wahrscheinlich, dass diese räthselhaften Gebilde in den Entwicklungskreis von Beggiatoa gehören. Leider vermag ich aber weder anzugeben, wie sie aus jenen Fäden hervorgegangen, noch ob sie sich zu solchen weiter zu entwickeln vermögen.

Die Beggiatoen des Seeaquariums verbreiteten, wenn sie frisch aus dem Seewasser mit der Pipette heraufgeholt wurden, einen überaus penetranten Geruch nach Schwefelwasserstoff. Die Oberfläche des Seewassers selbst, auf dessen Grunde diese Algen vegetirten, liess keinen Schwefelwasserstoffgeruch wahrnehmen. Ich habe in Hedwigia 1863 p. 80 (vergleiche auch meinen Aufsatz über die Entstehung des Travertin in den Wasserfällen von Tivoli, Leonhards Jahrbücher für Mineralogie 1864 p. 580) darauf aufmerksam gemacht, dass viele Beggiatoen und Hygrocrocisarten die Fähigkeit

besitzen, im Wasser gelöste Schwefelverbindungen, und höchst wahrscheinlich sogar die schwefelsauren Salze (Gips, schwefelsaures Natron) durch ihren Vegetationsprocess zu zersetzen und Schwefelwasserstoff frei zu machen; ich habe es für nicht unwahrscheinlich erklärt, dass aller freier Schwefelwasserstoff in Mineral-, namentlich Thermalquellen, von der Zersetzung der im Wasser ursprünglich vorhandenen Sulphate oder Sulphide durch lebende Oscillarineen herrühre. Die Beggiatoen des Meerwassers besitzen die Fähigkeit, Schwefelwasserstoff zu entbinden im höchsten Maasse; wenn dieses Gas nur an dem Wasser in der unmittelbaren Umgebung jener Algen und nicht auch an der Oberfläche durch den Geruch wahrzunehmen ist, so liegt die Ursache davon offenbar nur darin, dass das am Boden frei werdende Gas in den obern sauerstoffreicheren Schichten des Seewassers wieder zerlegt wird. In der Nähe der Beggiatoen dagegen wird der eisenschüssige Meersand überall geschwärzt, und auch Thiere oder grössere Algen, die von den Beggiatoafäden übersponnen sind, werden von ihnen getödtet. Es ist daher die Entwicklung der Beggiatoen, die bei reichlicherer Gegenwart organischer Reste sehr rasch vor sich geht, dem übrigen Leben im Aquarium höchst verderblich [1].

Die Beggiatoen sind meiner Ueberzeugung nach den Vibrionen, die Spirillen den Spirulinen nächst verwandt, während die Bacterien zu den Chroococcaceen als farblose parasitische Nebengruppe gehören. In Bezug auf die oben berührten Bewegungsgesetze scheinen diese Gebilde insofern eine Ausnahme zu machen, als sie auch im freien Wasser, ohne feste Stützfläche Ortsveränderungen zeigen. Ich behalte mir vor, auf diese dunkle Klasse der Organismen anderwärts ausführlicher zurückzukommen.

Die Resultate dieser Unsersuchung stelle ich in folgenden Sätzen zusammen:

---

1) Die abgestorbenen Beggiatoen und Oscillarien überhaupt entwickeln bekanntlich ebenfalls sehr reichlich Schwefelwasserstoff. Lothar Meyer in seiner Analyse der Landecker Quellen fand, dass das Wasser dieser Therme 5mal mehr Schwefelwasserstoff liefert, wenn es Oscillarineen (Beggiatoa leptomitiformis) enthält, als ohne diese. Es würde sich hiernach für die sogenannten Schwefelquellen, deren Wirksamkeit ihrem Reichthum an Schwefelwasserstoff zugeschrieben wird, empfehlen, die in ihnen vegetirenden Oscillarien (den sogenannten Badeschleim) nicht zu entfernen, sondern im Gegentheil möglichst zu conserviren.

1) Der spangrüne Farbstoff der Phycochromaceen, das Phycochrom Näg., ist ein zusammengesetzter Körper, bestehend aus einem grünen, in Wasser unlöslichen, in Alcohol und Aether löslichen Stoff, dem Chlorophyll, und aus einem blauen in Wasser löslichen, in Alcohol und Aether unlöslichen Stoff, dem Phycocyan Cohn (nicht identisch mit dem Phykokyan Kützing, welches synonym mit Phycochrom Nägeli, noch mit dem Phycocyan Nägeli, welches der blaugrünen Modification des Phycochrom entspricht).

2) In den lebendigen Zellen sind beide Farbstoffe zu einer Mischfarbe, dem Phycochrom, innig verbunden; durch das in Folge des Absterbens veränderte diosmotische Verhalten des Zellinhalts wird das Phycocyan in dem durch Endosmose von aussen eindringenden Wasser gelöst, und tritt später durch Dialyse als blaue Flüssigkeit aus, während das Chlorophyll in den Zellen zurückbleibt.

3) Die charakteristischsten Eigenschaften der wässrigen Phycocyanlösung sind: Spectrum, ihre lebhafte Fluorescenz in Carminroth, welche durch Erwärmen, wie durch die verschiedensten Reagentien zerstört wird; ihre Zerlegung in Wasser und Farbstoff in den Capillarräumen des Filtrirpapiers; ihre Trübung und Entfärbung durch Kochen; ferner wird das Phycocyan durch Alcohol, Säuren und Metallsalze als blaue, durch Kali und Ammoniak als farblose Gallerte aus seiner Lösung ausgefällt.

4) Die purpurrothen oder violetten Phycochromaceen enthalten Phycochrom, welches aus Chlorophyll und einer purpurnen, sonst aber von der blauen anscheinend nicht wesentlich verschiedenen Modification des Phycocyan zusammengesetzt ist, auch leicht sich in die spangrüne Nuance umwandelt.

5) Der rothbraune Farbstoff der Florideen, das Rhodophyll Cohn, ist ebenfalls ein zusammengesetzter Körper, bestehend aus Chlorophyll und Phycoerythrin Cohn, welches weder dem Phykoerythrin Kützing = Rhodophyll, noch dem Phycoerythrin Nägeli = der purpurnen Modification des Phycochrom, synonym ist.

6) Auch das in den lebenden Florideenzellen unzersetzte Rhodophyll wird nach dem Tode derselben durch endosmotische Wasseraufnahme sofort in seine beiden Bestandtheile gespalten, wovon das grüne Chlorophyll in den Zellen zurückbleibt, während das rothe Phycoerythrin in wässriger Lösung durch Dialyse austritt. Diese zeigt eine lebhafte Fluorescenz in Gelb (Rosanoff) oder Grün (Rytiphloea Cramer), und verhält sich gegen Kochen, Alcohol, Säuren

und Basen dem Phycocyan analog. Wie sich insbesondere die purpurne Modification des Phycocyan von Phycoerythrin unterscheidet, ist noch nicht festgestellt.

7) Die nahe Verwandtschaft des Phycocyan und Phycoerythrin auf der einen, und des aus diesen Körpern und Chlorophyll zusammengesetzten Phycochrom und Rhodophyll auf der andern Seite, findet eine Stütze in dem Vorkommen des Phycochrom in mehreren Florideengattungen, deren nächste Verwandte Rhodophyll enthalten: namentlich bei Bangia, Chantransia, Batrachospermum, Lemania, welche sämmtlich, obwohl zu den Florideen gehörig, spangrüne Arten, meist neben rothen enthalten, und weist auf eine auch durch entwicklungsgeschichtliche Momente, namentlich durch den Mangel der Flimmergeisseln, und der darauf beruhenden eigenen Bewegung ihrer Fortpflanzungszellen angezeigte, nähere Verwandschaft zwischen Phycochromaceen und Florideen hin.

8) Die älteren Angaben über schwärmzellenähnliche Bewegungen der Spermatien (Antherozoiden) bei den Florideen sind nachweislich aus der Verwechslung mit den Zoosporen epiphytischer Chytridien hervorgegangen.

9) In der Klasse der Algen sind zwei verschiedene Haupttypen vereinigt, die von homologen niedersten Formen beginnend in ihren höhern Entwicklungsstufen weiter auseinander treten, und sich am leichtesten durch das Vorhandensein, resp. das Fehlen von Schwärmzellen, die durch Geisseln oder Flimmercilien bewegt werden, charakterisiren lassen.

Die erste Reihe beginnt mit Chroococcaceen, wozu die Bacterien; Oscillarien, wozu auch die Vibrionen gehören; Nostocaceen, Rivularieen, Scytonemeen — schliesst sich durch Lyngbya, Sirosiphon, Bangia an die Florideen, und durch Vermittlung der Collemaceen zu den Lichenen (incl. der Ascomyceten) hinleitet. Ihre Fortpflanzungszellen entbehren sämmtlich der Bewegungsorgane; der Farbstoff derselben ist in der Regel nicht rein grün, sondern meist aus Chlorophyll, gepaart mit einem andern spaltbaren Körper, zusammengesetzt.

Die zweite Reihe beginnt mit den Protococcaceen, umfasst die Chlorosporeen, Phaeosporeen, Fucaceen und schliesst sich durch die Characeen an die Moose an. In dieser Abtheilung, in der entweder sämmtliche, oder nur die geschlechtslosen oder nur die männlichen Fortpflanzungszellen als Zoosporen mit Geisseln (Flagellatae)

oder Cilien (Ciliatae) auftreten, ist der Farbstoff entweder reines Chlorophyll oder eine rothe oder braune Modification desselben.

10) Da unter den Farbstoffen der nichtgrünen Algen Phycochrom und Rhodophyll als integrirenden Bestandtheil ihres Pigments Chlorophyll enthalten, und auch der braune Farbstoff der Diatomeen, Phaeosporeen und Fucaceen, sowie das scharlachrothe Oel (Haematochrom) gewisser Chlorosporeen nur Modificationen des Chlorophylls zu sein scheinen, so kann man nunmehr den Satz aussprechen, dass alle assimilirenden Pflanzen Chlorophyll (oder doch einen nächst verwandten Körper) als Träger des Assimilationsprocesses enthalten.

11) Die Bewegung der Oscillarineen beruht auf drei Momenten, 1) einer stetigen aber in der Richtung abwechselnden Rotation um die Längsachse, 2) der Fähigkeit sich abwechselnd vorwärts und rückwärts fortzuschieben, 3) der Fähigkeit sich zu beugen, zu strecken und zu schlängeln, oder der Flexilität.

12) Die Ursache der Rotation ist noch nicht erforscht. Das Vorwärtsschieben scheint aus der rotirenden Bewegung durch Reibung auf der Unterlage hervorzugehen, ähnlich wie bei den Rädern eines Wagens, da die Oscillarien in der Regel nur dann vorwärts zu kriechen vermögen, wenn sie an fremden Körpern, an ihren eigenen Fäden oder an der Oberfläche des Wassers eine Stützfläche finden, dagegen im Allgemeinen nicht im Stande sind, frei durch das Wasser zu schwimmen.

13) Die Fähigkeit, sich zu krümmen und zu schlängeln, welche, combinirt mit der Rotation, die anscheinenden Pendelbewegungen veranlasst, beruht auf Contractilität der Zellen, welche sich auf der concaven Seite der Krümmung ein wenig verkürzen, auf der entgegengesetzten ein wenig strecken. Bei Beggiatoa mirabilis n. s. ist die Contractilität so kräftig, dass sie kurze peristaltische Wellenbewegungen und wurmähnliche Krümmungen des Fadens zur Folge hat.

14) Gewisse Oscillarinen, namentlich Beggiatoen entwickeln, vielleicht durch Zersetzung von schwefelsauren Salzen, im Wasser freien Schwefelwasserstoff. Das ausschliessliche Gedeihen dieser Algenklasse in heissen, mit Salzen stark gesättigten Lösungen (Thermalquellen) macht es wahrscheinlich, dass die ersten auf der Erde, in dem dieselbe einst bedeckenden Urmeer von hoher Temperatur entstandenen Organismen Oscillarineen resp. Chroococcaceen gewesen seien.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. I.

Fig. 1. Spectrum des Phycocyan (A) und des Chlorophyll (B.) in welche das Phycochrom von Spirulina versicolor sich spalten lässt, mit den wichtigsten Frauenhoferschen Linien.

Fig. 2. Spirulina versicolor Cohn, rothe und blaugrüne Fäden untermischt, Vergrösserung 700.

Fig. 3. Oscillaria rubiginosa Cohn, beide aus dem See-Aquarium. Vergrösserung 400.

Fig. 4 a—g. Beggiatoa mirabilis Cohn, aus dem Seeaquarium; ein und derselbe Faden in seinen flexilen Krümmungen von 5 zu 5 Minuten gezeichnet, Vergrösserung 200.

Fig. 5. Drei Fäden von Beggiatoa mirabilis Cohn, um einander geschlungen. Vergrösserung 400.

Fig. 6. Kuglige farblose Zellen, deren Inhalt mit Beggiatoa übereinstimmt, zahllos zwischen den Fäden derselben sich umherwälzend, zum Theil eingeschnürt (d) oder zweitheilig (e f), auch fadenförmig verlängert (g), vielleicht in den Entwicklungskreis dieser Oscillarie gehörend. Vergrösserung 400.

Taf. II.

Fig. 1. Beggiatoa mirabilis, ein Faden in wurmförmigen peristaltischen Contractionen.

Fig. 2. Chytridium Polysiphoniae Cohn, auf Polyphonia violacea mit Antheridien (b); a a junge, aus frisch gekeimten Zoosporen hervorgegangene Chytridien; c älteres Stadium mit feinkörnigem Protoplasma; d eine Gruppe dichtgedrängter Chytridien in verschiedener Entwicklung; e ein solches, mit grosser centraler Vacuole; f, g Bildung der Zoosporen aus dem Protoplasma; h Ausschwärmen der Zoosporen, von denen einzelne ausgetreten, andere noch in der Mutterzelle stecken; i entleerte Chytridien.

Fig. 3. Chytridium Antithamnii Cohn, auf Antithamnion Plumula; a, b Zoosporen, eingeschlüpft in die Zellen der Aeste, zwischen Zellwand und Protoplasma; c, d ausgewachsene Chytridien in ästchenartigen Ausbuchtungen der Zellen; e e der Inhalt der Chytridien wird bräunlich, feingekörnt und bildet sich in Zoosporen um (f); g g entleerte Chytridien; h Verlängerung der Antithamnionzelle in die leere Chytridiummembran; i streifenförmiges Rhodophyll in den Stammzellen von Antithamnion.

Fig. 4. Entwicklung von Chytridium Antithamnii in den Zellen eines Astes von Antithamnion Plumula, stärker vergrössert; a, b, c Zoosporen, eingedrungen und gekeimt zwischen Protoplasma und Zellwand der Antithamnionzelle, in verschiedenen Alterstufen; d ausgewachsenes Chytridium; e ein solches mit Zoosporen erfüllt; f ein entleertes Chytridium, in dessen Höhle die Nährzelle des Antithamnion hineinwächst.

Fig 5. Chytridium entosphaericum Cohn, in den Zellen von Bangia subaequalis; a, b, c Chytridien, welche den Zellinhalt der Bangia verdrängt haben; d eine durch ein Chytridium getödtete Zelle, zusammengedrückt durch die Ausdehnung ihrer Nachbarzelle; e, f, g Umbildung einzelner Fadenstücke der Bangia in Sporangien durch blasenförmige Ausdehnung ihrer Cuticula, Auflösung der Querscheidewände, Abrundung der Primordialschläuche zu unbeweglichen, mit eigenthümlich vertheiltem Inhalt begabten Primordialzellen oder Sporen; letztere treten durch Risse in der Cuticula (h) aus, so dass sie beim Durchdrängen sich oft biscuitförmig einschnüren, und selbst zerreissen (i ; i Beginn der Keimung einer ausgetretenen Bangiaspore auf dem Mutterfaden, an dem sie sich durch eine klebrige Masse anheftet; m, n spätere Zustände der Keimung, o junger Bangiafaden, durch Klebmasse am Mutterfaden befestigt.

Fig. 5 a. Ein zweiter Faden von Bangia subaequalis, mit zahlreichen Chytridien, welche den Inhalt der Bangiazellen ganz (b b) oder nur theilweis (c c) verdrängt haben; am obern Ende des Fadens haben sich die Zellen zu Sporen umgebildet, die zum Theil noch in den Mutterzellen eingeschlossen (e) und selbst darin gekeimt (f), zum Theil aus seitlichen Rissen (d d) ausgetreten sind; die obere Spitze des Fadens wird zu einem mehrreihigen Sporangium.

Fig. 6. Querschnitt durch den laubartigen Thallus von Halymenia ligulata zur Erläuterung der Analogie ihres anatomischen Baus mit Lemania.

Fig. 7. Aufgelöster Carnallit von Stassfurt; der Rückstand besteht aus sechsseitigen Tafeln (d) und Säulen (c) von rothem Eisenglimmer, amorphen rothen Eisenpartikeln, vereinzelten Krystallen von Bergkrystall (b) und andern unbestimmten Mineralien, darunter auch regulären Octaedern (a), sowie aus einem Gewirr feiner langer, farbloser, durch einander verfilzter Fäden von verschiedener, meist unmessbar feiner Dicke (Hygrocrocis (?) Bischofi).

Sämmtliche Figuren, mit Ausnahme von 4, 400mal vergrössert.

Beiträge zur mikrophotographischen Technik.

Von

Dr. Berthold Benecke in Königsberg in Pr.

Hierzu Taf. III.

Bei der grossen Wichtigkeit naturgetreuer Abbildungen von mikroskopischen Präparaten und der verhältnissmässig noch beschränkten Anwendung der Mikrophotographie zur Herstellung derselben hielt ich es für gerechtfertigt, die Resultate mehrjähriger in dieser Hinsicht angestellter Versuche zu veröffentlichen, um von Neuem auf diese so leicht zu erlernende und in vielen Fällen für den Mikroskopiker höchst zweckmässige Kunst aufmerksam zu machen.

Dass die Mikrophotographie das mikroskopische Zeichnen ganz oder auch nur in den meisten Fällen ersetzen könne, wird Niemand glauben, der mit der Natur mikroskopischer Objecte und mit den Grundbegriffen der Photographie bekannt ist. Ungeeignet für die photographische Aufnahme sind alle dickeren Präparate, alle, deren wesentliche Theile in verschiedenen Ebenen liegen oder von fremden oder unwesentlichen Gegenständen umgeben oder verdeckt sind, kurz alle, welche nicht bei unveränderter Tubusstellung und unverrückter Lage des Objectträgers alles Beachtenswerthe klar, scharf und frei von zufälligen Beimengungen erkennen lassen. Sind aber diese Bedingungen erfüllt, so ist die Mikrophotographie an ihrem Platze und liefert mit grosser Schnelligkeit und Leichtigkeit Bilder

von solcher Naturtreue, wie sie der geübteste Zeichner niemals erreichen wird. Ihre Erlernung dürfte daher jedem Mikroskopiker um so mehr zu empfehlen sein, als sie eine recht leichte und der erforderliche Apparat ohne grosse Kosten herzustellen ist. Dass die Anfertigung eines photographischen Bildes weniger Zeit und Mühe erfordert als das Copiren eines mikroskopischen Objects mit Hilfe der Camera lucida ist einleuchtend. Berücksichtigt man nun, dass sich manche Objecte schneller verändern, als man eine genaue Zeichnung von ihnen anfertigen kann, so muss eingeräumt werden, dass in solchen Fällen eine photographische Aufnahme, wenn sie aus andern Gründen die Zeichnung nicht ersetzen kann, doch wenigstens dem Zeichner ein wesentliches Hilfsmittel sein wird, indem sie das ganze Object in einem Augenblick unveränderlich fixirt. Ebenso können photographische Aufnahmen von sehr complicirten Objecten von dem Zeichner mit Vortheil zur Orientirung verwendet werden. Ein weiterer Vorzug ist der, dass man von dem Negativ schnell und ohne Hilfe eines Anderen eine Anzahl von Copieen herstellen kann, die dem Original ganz gleich, und wenn sie auch aus pecuniären Rücksichten für die weitere Verbreitung nicht verwendbar sind, sich doch zur Mittheilung an Fachgenossen, als Vorlage für den Lithographen oder Kupferstecher, zu Demonstrationen etc. vortrefflich eignen. Endlich sind wir durch neuere Erfindungen auch in den Stand gesetzt, Photographieen ohne Vermittelung eines Zeichenkünstlers direct auf Stein-, Stahl-, Zink- oder Kupferplatten zu übertragen, wodurch die vollkommene Treue also auch den Abdrücken bewahrt wird. Wegen dieser Naturtreue eignen sich daher Mikrophotographieen — die Vermeidung jeder Retouche vorausgesetzt — zur Entscheidung von Streitfragen auch weit besser als Zeichnungen, da zweifelhafte oder streitige Parthieen in den Präparaten gar zu leicht nach der individuellen Auffassung des Beobachters modificirt gezeichnet werden. Einen vollkommenen Ersatz für die Präparate können sie aber deshalb nicht gewähren, weil sie nur die Flächenansicht wiedergeben und man an ihnen nicht wie an dem Präparate durch Veränderung der Tubusstellung auch die Verhältnisse der Tiefenausdehnung studiren kann.

Wenn bei den erwähnten Vorzügen und trotz der Anregungen von Gerlach (Die Photographie als Hülfsmittel mikroskopischer Forschung. Leipzig 1862), Stein (Die Harn- und Blutwege etc. Würzburg 1865. Einleitung. Centralbl. f. d. med. Wissenschaften 1865.

p. 497. Berliner photogr. Mitth. 1865. Nro. 18) u. A., die Mikrophotographie in Deutschland wenigstens, bisher noch weniger von Mikroskopikern als von einigen speculativen Photographen ausgebeutet wird, so scheint der Grund hierfür einmal in einer Ueberschätzung der Schwierigkeit der photographischen Technik, dann aber wohl auch darin zu liegen, dass die meisten der käuflichen Mikrophotographieen von Photographen ohne Verständniss der Mikroskopie eben nur für die Schaulust des Publicums angefertigt, nicht sehr zur Nachahmung einladen können, die weniger zahlreichen guten Bilder aber, die man zu sehen bekommt, daher wohl als Erzeugnisse einer ganz besondern, schwer zu erlangenden Kunstfertigkeit angesehen werden.

In Folgendem beabsichtige ich einen Apparat zu beschreiben, dessen ich mich seit 4 Jahren zur Herstellung von Mikrophotographieen sowohl, als auch von gewöhnlichen Photographien ganzer Thiere, grösserer Präparate etc. mit dem besten Erfolge bediene, und der vor anderen mir bekannt gewordenen Apparaten durch seine grössere Stabilität und namentlich durch die Bequemlichkeit und Sicherheit seiner Handhabung, sowie dadurch sich vortheilhaft auszeichnet, dass er jederzeit ohne weitere Vorbereitung zu Aufnahmen benutzt werden kann. Zugleich werde ich die hinsichtlich der Beleuchtung, der Auswahl der Chemikalien und einiger Fehlerquellen gemachten Erfahrungen besprechen und würde mich freuen, wenn ich hoffen dürfte, dadurch irrthümliche Vorstellungen von der Schwierigkeit der Mikrophotographie zu berichtigen und zu deren Verbreitung beizutragen.

Die Grundlage des Apparates bildet eine Balgkammer, ähnlich derjenigen der Photographen, aber mit viel längerem Auszuge. Auf dem 75 Cm. langen Grundbrette (fig. 1), welches an seinem vorderen Ende den Kasten (2) mit der Objectivlinse (3) trägt, lässt sich die quadratische matte Glasscheibe (4) von 15 Cm. Seite, welche bei ganz in den Kasten eingeschobenem Balge nur 10 Cm. von der vordern Fläche des Kastens entfernt steht, in einer Schlittenvorrichtung bis auf eine Entfernung von 65 Cm. von derselben zurückziehen und zwischen diesen beiden Punkten an jeder beliebigen Stelle durch eine Schraube (*) feststellen. Zur Bestimmung ihres Abstandes ist auf dem Rande des Grundbrettes eine Centimetereintheilung angebracht. Um bei grosser Verkürzung des Balges die Einstellung auf der matten Scheibe bequem vornehmen zu können, ist das lange Grund-

brett in der Mitte quer durchschnitten und sind die beiden Hälften (a. b.) durch starke Charniere und Riegel (5) verbunden. Nach Zurückziehung der letzteren lässt sich die hintere Hälfte des Grundbrettes herunterschlagen. An der Unterseite der vorderen Hälfte des Grundbrettes ist eine starke Eisenplatte aufgeschraubt, welche mit einem $2^1/_2$ Cm. dicken und 10 Cm. langen massiven Eisencylinder (6) durch ein festes Charnier (7) verbunden ist. Dieser Cylinder ist in dem obersten cylindrischen Theile des sehr massiven eisernen Statives (A) drehbar eingelassen. Die Camera kann also um diesen Cylinder einen Horizontalkreis, in dem Charnier einen halben Vertikalkreis beschreiben und in jeder dabei möglichen Stellung fixirt werden, indem zur Unterstützung des Charniers bei schräger oder horizontaler Stellung des Grundbrettes eine stellbare Stütze (8) auf dem Cylinder angebracht ist, welche man durch eine Drehung bei Seite schaffen kann. Der eiserne Cylinder (Fig. 2. 1) geht durch einen in dem oberen Theile des Stativs eingelassenen Metallring (2), der an einer Seite einen starken, mit einem Schraubengewinde versehenen Stiel (3) trägt, auf welchem aussen eine Flügelmutter (4) sitzt, durch deren Anschrauben man die Drehung des Cylinders verhindern kann. Die übrigen Theile des Statives sind aus der Abbildung verständlich und bedürfen keiner besonderen Besprechung.

An der vorderen Fläche des Kastens der Camera ist auf einer starken viereckigen Messingplatte ein photographisches Objectiv, z. B. eine zur Aufnahme der sogenannten Visitenkartenporträts bestimmte Combination aufgeschraubt. Der Tubus, welcher die Linsen enthält, bewegt sich in seiner Fassung durch Zahn und Trieb. In dieser Form eignet sich der Apparat zu makroskopischen Aufnahmen, zum Copiren werthvoller Abbildungen und zur Herstellung ganz schwacher Vergrösserungen. Die Grösse des Bildes im Verhältniss zum Object richtet sich nach der Entfernung des letzteren und nach der dadurch bedingten Länge des Balges. Man kann Bilder in jeder beliebigen Verkleinerung, in natürlicher Grösse und bei grosser Verlängerung des Balges bei 2—3facher Vergrösserung erhalten.

Um diesen Apparat für die Mikrophotographie herzurichten, werden die beiden Linsen des photographischen Objectives abgeschraubt und an Stelle der vorderen ein engerer Tubus gesetzt, an welchem sich die mikroskopischen Objective wie am Mikroskop befestigen

(Fig. 6. 5). Will man mit dem zusammengesetzten Mikroskop photographiren, so setzt man an Stelle der hinteren Linse eine Fassung zur Aufnahme des Oculars (Fig. 6. 7). Bei der weiteren Beschreibung des mikrophotographischen Apparates werde ich das Grundbrett der Camera in horizontaler Stellung befindlich voraussetzen. Rechts und links von der Fassung, welche den optischen Theil des Apparates enthält, steht auf der erwähnten starken Messingplatte ein 5 Cm. langer, starker Hohlcylinder (Fig. 1. 9; Fig. 6. 9), in welchem eine 35 Cm. lange runde Messingstange durch eine Schraube befestigt werden kann (Fig. 6. 10). Die beiden parallel und horizontal nach vorne verlaufenden Stangen tragen den Objecttisch mit dem Beleuchtungsapparat. Der Objecttisch (Fig. 6. 11) ein Rechteck von 13 resp. 10 Cm. Seite, trägt entsprechend den beiden Stangen zwei Hülsen (Fig. 6. 12) von 3 Cm. Länge, vermittelst deren er auf jene aufgesteckt und auf ihnen verschoben werden kann. Zur Feststellung dient eine an jeder Hülse befindliche Schraube. Auf der dem Objectiv zugekehrten Seite des Objecttisches sind Federklammern zur Befestigung der Objecte angebracht (Fig. 6. 13). In der Mitte des Objecttisches befindet sich eine 3 Cm. weite, kreisrunde Oeffnung (Fig. 6. 14), an welcher sich auf der vorderen Seite ein kurzes Rohr (Fig. 6. 15) zur Aufnahme des Blendungscylinders (Fig. 6. 16) und Condensors anschliesst. Eine so weite Oeffnung im Tische ist erforderlich, um bei Anwendung ganz schwacher Objective das grosse Gesichtsfeld (für Syst. Nro. 1. Hartnack = 1, 2 Cm. Durchmesser) gleichmässig betrachten zu können. In der Mitte seines unteren Randes trägt der Objecttisch eine horizontal nach vorne gerichtete Stange (Fig. 7. 11) auf der eine mattgeschliffene Glastafel, eine Beleuchtungslinse mit ziemlich langem Focus und ein Beleuchtungsspiegel an verschiedenen Stellen festgestellt werden können (Fig. 7. 12, 13, 14). Der Beleuchtungsspiegel hat die bei den Schmidtschen Mikroskopen übliche Beweglichkeit.

Zur groben Einstellung dient, wie schon oben bemerkt wurde, die Bewegung der mikroskopischen Linse durch Zahn und Trieb; in eigenthümlicher Weise musste die Mikrometerschraube modificirt werden, um sie bei jeder möglichen Länge des Balges während der Betrachtung des Bildes auf der matten Glasscheibe bequem handhaben zu können. Durch Vermittelung eines zweiarmigen Hebels (Fig. 3; Fig. 6. 14) bewegt dieselbe in gleich zu beschreibender Weise den Objecttisch. Der Hebel besteht aus zwei flach vierkantigen, pa-

rallelen, durch zwei quere Stützen (Fig. 3. 2) fest mit einander verbundenen Stangen (Fig. 3. 1). Seine Drehungsachse liegt im Vertikaldurchmesser eines dicken, auf der rechten Führungsstange des Tisches durch eine Schraube feststellbaren Ringes (Fig. 3. 3), welcher von den beiden Stangen oben und unten tangirt wird. Den Angriffspunkt des Hebels am Tische bilden Zapfen, welche in den Endpunkten eines Vertikaldurchmessers des kurzen zur Aufnahme des Blendungscylinders dienenden Rohres stehen (Fig. 7. 9) und durch einen 1 Cm. langen Schlitz in jeder Hebelstange (Fig. 3. 4) hindurchgehen. Dieser Schlitz lässt den Zapfen Spielraum, da sich bei den Verschiebungen des Tisches auf seinen Stangen ihr Abstand vom Drehpunkte des Hebels ändert. Der Angriffspunkt der Mikrometerschraube am Hebel liegt in einer um vertikale Zapfen zwischen den beiden Hebelstangen drehbaren Klammer (Fig. 3. 5), in welcher das vordere Ende der langen Mikrometerschraubenspindel durch eine Schraube (6) befestigt wird. Diese nicht drehbare Spindel trägt an ihrem hinteren Ende ein feines Gewinde, auf welchem sich die drehbare, mit einem grossen Kopfe versehene Schraubenmutter befindet. Diese Mutter geht durch einen um vertikale Zapfen drehbaren Ring hindurch, dessen Axenlager am Kasten der Camera befestigt sind. Rechtsdrehung des Kopfes bewirkt eine Annäherung des äusseren Hebelarms an die feststehende Schraubenmutter, also eine Entfernung des Objecttisches vom Objectiv. Das Verhältniss der Mutter zur Schraubenspindel und zu dem drehbaren Ringe zeigen die Figuren 4 und 5 im Längs- und Querschnitte; die Verbindung von Hebel, Mikrometerschraube und Objecttisch Fig. 6 und 8. Um den etwaigen todten Gang der Schraube unschädlich zu machen, ist der Objecttisch auf seinen Führungsstangen zwischen 4 stellbaren Spiralfedern (Fig. 6. 19) eingespannt, welche eine ganz gleichmässige Verschiebung sichern.

Zur Einstellung des Bildes bedient man sich gewöhnlich nach dem Vorgange der Photographen einer feinen mattgeschliffenen Glasplatte, deren rauhe Seite sich genau in der Ebene befindet, welche bei der Aufnahme von der empfindlichen Collodiumschicht eingenommen wird. Das auf derselben entworfene Bild wird mit verhülltem Kopfe durch eine Lupe betrachtet. Fixirt man nun, nachdem das Bild auf der Glasplatte scharf eingestellt ist, die Lupe in der passenden Entfernung von derselben und entfernt dann die Glasplatte, so wird man durch die Lupe ebenso wie durch das Ocular eines

Mikroskops das in der vorher von der matten Scheibe eingenommenen Ebene entworfene Luftbild in gleicher Schärfe wie vorher, oder noch besser, erblicken. In vielen Fällen ist es nun zweckmässig mit Vermeidung der matten Glasplatte nur mit der Lupe einzustellen, da die Rauhigkeiten des mattgeschliffenen Glases die zarten Details des Bildes undeutlich machen, und, was namentlich bei starken Vergrösserungen störend ist, das Licht schwächen. Um nun die Lupe jedesmal ohne Weiteres zur Einstellung benutzen zu können, ist eine kleine Vorrichtung erforderlich, die sie constant in der passenden Entfernung von der Ebene erhält, in welcher nachher die empfindliche Collodiumschicht aufgestellt wird. Ein rechteckiges Brettchen oder dickes Blech von der Länge der zum Photographiren benutzten Glasplatten, aber von viel geringerer Breite ($^1/_4$—$^1/_3$ der Länge) ist in seiner Mitte von einer kreisrunden Oeffnung durchbohrt, deren Durchmesser etwas grösser ist als derjenige der anzuwendenden aplanatischen Doppellupe. Diese Oeffnung ist auf der einen Seite des Brettchens durch ein geöltes Papier geschlossen, auf dem sich eine zarte Zeichnung befindet; auf der andern Seite schliesst sich an sie eine Fassung an, in welcher die Lupe sich befindet, die nun in derjenigen Stellung unbeweglich befestigt wird, in welcher sie für die transparente Zeichnung auf dem Oelpapier scharf eingestellt ist. Setzt man diese kleine Vorrichtung nun an Stelle der empfindlichen Glasplatte in die in den photographischen Apparat eingeschobene Cassette, so entspricht die Ebene des Oelpapiers genau derjenigen des Collodiums, und wenn man das Papier entfernt, so ist jedes Bild zur Aufnahme scharf eingestellt, welches durch die Lupe, die man wegen der Schmalheit des sie tragenden Brettchens über dem Bilde hin- und herschieben kann, scharf gesehen wird. Man vermeidet durch diese Methode zugleich eine wichtige Fehlerquelle, die darin besteht, dass die Ebene, in welcher sich die in einen Rahmen gefasste matte Glasscheibe befindet, nicht immer identisch ist mit derjenigen, in welcher bei der Aufnahme die Collodiumschicht der in der Cassette befindlichen Glasplatte steht, ein Fehler, der, wie die Photographen von Fach wohl wissen, selbst bei den besten Apparaten nicht selten sich vorfindet.

Ich erwähne noch einen Apparat, den sich bei seiner grossen Einfachheit selbst der am wenigsten Bemittelte leicht anschaffen und der trotzdem innerhalb gewisser Grenzen vortreffliche Bilder geben kann. Eine Camera ist hierzu gar nicht erforderlich, als solche dient der Tubus des Mikroskop, an dessen oberem Ende

sich statt des Oculars eine Schlittenvorrichtung befindet, in welche die Cassette mit der empfindlichen Platte eingeschoben werden kann. Das Mikroskop befindet sich in gewöhnlicher Stellung, die Einstellung geschieht mittelst einer Lupe die, wie oben beschrieben, hergerichtet ist. Natürlich haben die so erhaltenen Bilder einen sehr kleinen Durchmesser, doch kann man sie nachher mit Hilfe eines gewöhnlichen photographischen Apparates mit langem Balge um das 2—3fache vergrössern. Dem Mikroskope eine so grosse Last aufzulegen, wie es Gerlach thut, erscheint wegen der dadurch gefährdeten Stabilität des Apparates und wegen der nicht zu vermeidenden Beschädigung der Schraube für die feine Einstellung nicht gerathen.

Die Brauchbarkeit der mikroskopischen Objective zum Photographiren beruht ebenso wie die der Linsen des gewöhnlichen Photographen auf der Coincidenz des optischen und chemischen Focus. Bei einer Anzahl von älteren und neueren Exemplaren der Systeme 4. 7. 8. 9 mm. von Oberhäuser und Hartnack habe ich gar keine bemerkbare, bei einem neuen System 1 von Hartnack eine ziemlich geringe Focaldifferenz gefunden. Auch bei 2 Schieckschen Combinationen fand ich die Differenz gering, bei andern Linsen desselben Optikers aber sehr beträchtlich. Während man also mit Linsen ohne Focus-Differenz bei scharfer Einstellung des Bildes für das Auge ohne Weiteres scharfe photographische Abbildungen erhält, erfordern die Systeme, bei welchen die beiden Brennpunkte nicht zusammenfallen, eine grössere oder geringere Correction, die auf verschiedene Weise ausgeführt werden kann. In Folge der Ueberverbesserung unserer achromatischen Objective liegt der chemische Focus hinter dem optischen und zwar um so mehr, je grösser die Brennweite, je schwächer also die Vergrösserung des Objectivs ist. Man kann also nach der Einstellung des Bildes die empfindliche Platte um eine für jedes System und jede Länge der Camera auszuprobirende Entfernung zurückziehen resp. die Objectivlinse durch eine bestimmte ebenfalls auszuprobirende Anzahl von Umdrehungen der Mikrometerschraube vorschieben, oder durch Einschaltung einer bestimmten, für jeden Fall zu ermittelnden Linse in die Bahn der zur Beleuchtung dienenden Lichtstrahlen das Licht convergenter machen. Viel einfacher erscheint die von Moitessier[1]) vorgeschlagene Correction

1) La photographie appliquée aux recherches micrographiques par A. Moitessier, prof. agrégé à la faculté de médecine de Montpellier. Paris 1866.

durch Anwendung von monochromatischem Licht. Zu diesem Behufe wird in den Beleuchtungsapparat (s. unten) eine kleine Cuvette mit planparallelen, 4—5 mm. von einander abstehenden Wänden eingeschaltet und mit einer violetten Flüssigkeit, z. B. dem Fehlingschen Reagens gefüllt. Das Object wird nur durch Licht erhellt, welches durch diese Cuvette hindurchgegangen ist. Da nun hierdurch die gelben Strahlen, die sonst hauptsächlich zur Formation des Bildes beitragen, abgehalten werden und vorzugsweise blaue und violette Strahlen sich bei derselben betheiligen, so entspricht die Ebene, in welcher das Bild zu Stande kommt, dem chemischen Focus. Bringt man, nachdem man im blauen Licht eingestellt hat, das gefärbte Medium aus der Bahn der Lichtstrahlen, so soll nun im weissen Licht das Bild ganz unscharf erscheinen, und erst wenn man die Länge des Balges entsprechend der Focusdifferenz mehr oder weniger verändert, wieder scharf hervortreten. Ich habe die Wirkung dieser Correctionsmethode, da mir seit dem Erscheinen des Moitessierschen Werkes Systeme mit hinlänglicher Focusdifferenz nicht zu Gebote standen, noch nicht selber prüfen können.

Es ist häufig die Frage erörtert, ob man mit oder ohne das Ocular des Mikroskops am besten photographiere. Trotz der entgegenstehenden Ansicht von Harting [1]) halte ich es für zweckmässiger, das Ocular zu vermeiden, da durch die Vermehrung der brechenden Medien die Schärfe der Bilder nicht gefördert wird und man die bei Weglassung des Oculars natürlich geringere Vergrösserung durch nachherige Vergrösserung der Negative (s. unten) hinreichend steigern kann. Die Angabe Gerlachs [2]), dass bei Anwendung des Oculars die Einstellung sehr schwierig sei, kann ich nicht bestätigen. Will man mit dem Ocular photographiren, so wendet man am besten ein ganz schwaches aplanatisches an. Dass man übrigens auch ohne Anwendung des Oculars hinreichend starke Vergrösserungen ohne Weiteres erhalten kann, zeigt die folgende Tabelle, ein kurzer Auszug (in runden Zahlen) aus derjenigen, die ich nach vielen Messungen für meine Hartnackschen Objective zusammengestellt habe. Die Zahl in der ersten Columne giebt die Entfernung der empfindlichen Platte vom hinteren Rande des Kastens der Camera in Centimetern an.

1) Harting das Mikroskop 2. Aufl. 1866. p. 287.

2) Gerlach, die Photographie als Hülfsmittel mikroskopischer Forschung. Leipzig 1863. p. 19.

Vergrösserungstabelle der Hartnackschen Objective.

(In runden Zahlen.)

Abst. cm.	I.	IV.	VII.	VIII.	IX. cm.
0	4	15	70	90	120
6	5	18	85	110	140
12	6	22	100	130	160
18	7	25	115	150	180
24	8	28	130	170	200
30	9	31	145	190	225
36	10	35	160	210	255
42	11	40	175	230	270
48	12	45	190	250	305
54	13	50	215	270	340
60	14	55	230	290	370
65	15	65	250	310	400

Der vollständige Beleuchtungsapparat des Mikrophotographen besteht aus einem grossen Silberspiegel mit planer und concaver Fläche, einer Beleuchtungslinse mit langer Brennweite, einer feingeschliffenen matten Glasscheibe von 4″ Quadrat, einer ebenso grossen Cuvette mit planparallelen Wänden zur Aufnahme der Fehlingschen Flüssigkeit, einem achromatischen Condensor und Cylinderblendungen von verschiedenem Durchmesser. Der Condensor und die Blendungen finden ihren Platz in dem kurzen, an der vordern Seite des Objecttisches befindlichen Rohre, welches zugleich dem Hebel der Mikrometerschraube als Angriffspunkt dient. Die übrigen Theile des Beleuchtungsapparates sind auf der vom Objecttisch ausgehenden und nach vorne gerichteten Stange befestigt (Fig. 7). Der Spiegel, den man am Besten nur dann anwendet, wenn das zu photographirende Object eine horizontale Lage verlangt, die Camera also mit dem vordern Ende gegen den Fussboden gewendet werden muss, ist von grösseren Dimensionen als die Spiegel der Mikroskope, in allen Richtungen frei beweglich, und mit einem guten Silberbelage versehen. Quecksilberspiegel sind zu vermeiden, da sie einerseits viel mehr Licht absorbiren als Silberspiegel, andrerseits dem directen Sonnenlicht ausgesetzt schnell verderben. Wo es irgend möglich ist, thut man wohl, den Spiegel dadurch zu umgehen, dass man die

Camera mit dem Objecttische direct gegen die Lichtquelle richtet. Die Beleuchtungslinse hat den Zweck, mit oder ohne Hilfe des Spiegels auf dem zwischen ihr und dem Objecttische eingeschalteten matten Glase einen Kreis von bestimmter Grösse hell zu erleuchten, welcher dann die eigentliche Lichtquelle für den Apparat darstellt. Man vermeidet durch diese Beleuchtungsmethode die später zu erwähnenden Nachtheile der Beleuchtung mit directem Sonnenlicht, die ungleichmässige Erhellung verschiedener Theile des Gesichtsfeldes, und hat damit zugleich ein Mittel in der Hand, um bei länger dauernden Aufnahmen mit Sonnenlicht das letztere mit Hilfe des Spiegels unverändert auf das Object zu concentriren, indem man z. B. den zu erleuchtenden Kreis auf der matten Glasscheibe mit einem schwarzen Ringe umzieht, innerhalb dessen man den Lichtkegel leicht festhalten kann, wenn sich auch die Sonne während der Aufnahme beträchtlich weiterbewegt; während es ohne dies Hilfsmittel schwer sein würde, dem Object während der ganzen Dauer einer längeren Aufnahme die gleiche Beleuchtung zu erhalten.

Der Condensor, als welchen man am einfachsten ein schwaches Objectiv (Nro. 1—4 Hartnack) verwendet, concentrirt das von dem erleuchteten Kreise auf der matten Glasscheibe ausgehende Licht auf das Object; die Blendungen, der Vergrösserung angemessen weiter oder enger, wirken in bekannter Weise durch Abhaltung der Randstrahlen und Verschärfung der Zeichnung des Objectes. Die Anwendung so enger Blendungen, wie sie Gerlach empfiehlt (0,6—0,4 mm.) erscheint wegen des grossen dadurch bedingten Lichtverlustes unzweckmässig. Wenn man zur Correction des chemischen Focus monochromatisches Licht anwenden will, so wird die Cuvette mit der Fehlingschen Flüssigkeit an Stelle der mattgeschliffenen Glasscheibe gesetzt. Ueber die Verwendung von parallelem oder convergirendem Licht lassen sich bestimmte Vorschriften nicht geben, die Art des anzuwendenden Lichtes ist abhängig von der Natur des Objects und anderen, in jedem einzelnen Falle zu berücksichtigenden Verhältnissen. Bei ganz schwachen Vergrösserungen (Syst. 1. Hartnack) muss man den Condensor, die Blendungen und den ganzen Blendungscylinder entfernen, um das Gesichtsfeld der Linse nicht zu beschränken.

Als Lichtquelle empfiehlt sich wegen ihrer grossen Intensität und chemischen Wirksamkeit vor Allem die Sonne. Gerade bei Anwendung des Sonnenlichtes kann man auch die Vorzüge des be-

schriebenenen Beleuchtungssystems am Besten würdigen. Wenn man nämlich das Sonnenlicht, mit Hilfe des Spiegels ohne Weiteres oder durch Sammellinsen concentrirt, zur Beleuchtung des Objectes benutzt, ohne eine matte Glasscheibe einzuschalten, wie das von Gerlach und Anderen vorgeschlagen und ausgeführt wird, so sind damit verschiedene Nachtheile verbunden. Erstens werden die durch Canadabalsam mit einander verbundenen Objectivlinsen durch die häufig wiederholte starke Erwärmung beschädigt, indem sich aus dem Balsam krystallinische Substanzen ausscheiden, was man auch bei Mikroskopen, die lange so gestanden haben, dass häufig Sonnenlicht von dem Spiegel auf die Objective reflectirt wurde, nach längerer Zeit beobachten kann. Dadurch wird das Gesichtsfeld verdunkelt und fleckig gemacht. Zweitens sind in dem die Linsen verbindenden Balsam schon von vorne herein feine Staubtheilchen enthalten, die bei der gewöhnlichen mikroskopischen Beobachtung nicht störend wirken, bei Anwendung directen Sonnenlichtes zur Beleuchtung aber im zusammengesetzten Mikroskop sowohl, als auch auf der empfindlichen Platte des photographischen Apparates sich als diffuse, mehr oder weniger zahlreiche Flecke markiren. Bei Einschaltung der matten Glasplatte verschwinden sie nicht nur bei der Einstellung für das Auge, sondern treten auch auf der empfindlichen Platte nicht auf. Drittens werden die auf dem Objecttische liegenden Objecte, wenn man das Sonnenlicht nicht durch Einschaltung eines matten Glases mildert, ungleich stärker erhitzt als bei der Anwendung des beschriebenen Beleuchtungssystems. Bei frischen, nicht verkitteten Objecten hat dies eine schnelle Verdunstung der sie umgebenden Flüssigkeit, bei verkitteten häufig Risse im Kitt und Austreten der Conservirungsflüssigkeit zur Folge; zarte Objecte können durch die Hitze ganz verdorben werden. Alle diese Fehler werden durch Einschaltung der matten Glasplatte vermieden.

Ausser dem Sonnenlicht kann man diffuses Tageslicht, sowie das von weissen Wolken, Schneeflächen oder von einem grossen weissen, in angemessener Entfernung aufgestellten Schirme reflectirte Licht zum Photographiren verwenden, indem man entweder den Apparat direct gegen die erwähnten Flächen richtet oder nöthigenfalls das von denselben ausgehende Licht mit dem Spiegel auffängt und auf das Object wirft. Im Allgemeinen ist jedes derartige Licht zur photographischen Aufnahme derjenigen Objecte, deren genaue Einstellung es erlaubt, auch hinreichend wirksam.

Trotzdem würden wir namentlich in den nördlicheren Ländern oftmals in der Lage sein, wegen Mangel an Licht, Tage, ja Wochen lang nicht photographiren zu können, wenn sich nicht das natürliche Licht für die Zwecke des Mikrophotopraphen in vollkommenster Weise durch künstliche Beleuchtung ersetzen liesse. Der Beleuchtungsapparat wird dadurch in Nichts geändert, nur tritt an Stelle der Sonne eine irdische Lichtquelle. Den besten Ersatz für das Sonnenlicht würde das Kohlenlicht einer kräftigen galvanischen Batterie geben, indessen wird kaum ein Mikroskopiker in der Lage sein, von dieser kostbaren und umständlichen Beleuchtungsart Gebrauch zu machen. Verhältnissmässig sehr billig und leicht anzuwenden ist das nicht viel weniger intensive Licht des verbrennenden Magnesiums. Das drummondsche Kalklicht hat abgesehen von seiner grösseren Kostbarkeit und umständlicheren Anwendung den Nachtheil einer geringeren Intensität seiner chemischen Wirkung, was sich aus seiner vorherrschend gelben Farbe erklärt. Unter den im gewöhnlichen Leben gebräuchlichen Leuchtstoffen: Oel, Photogen, Petroleum, Camphin, Gas etc. empfiehlt sich vorzüglich das Petroleum durch seine ziemlich kräftige chemische Wirkung, doch können auch mit den andern genannten Stoffen photographische Aufnahmen gemacht werden.

Um das Magnesium gleichmässig und genau im Brennpunkte eines Hohlspiegels zu verbrennen, bediene ich mich seit längerer Zeit eines Uhrwerkes, welches mit regulirbarer Geschwindigkeit das bandförmige Metall von einer Trommel abwickelt und durch eine flache Röhre in den Brennpunkt des Spiegels führt, wo man es mit Hilfe einer Spiritusflamme leicht entzünden kann. Die Einrichtung meiner Magnesiumlampe zeigt Figur 9.

Auch die Petroleumlampe ist mit einem Reflector versehen, welcher das Licht der breiten Flamme auf die grosse Beleuchtungslinse concentrirt. Magnesium wie Petroleum geben bei richtiger Anwendung Bilder, die den durch Sonnenlicht erzeugten in keiner Beziehung nachstehen.

Die Dauer der Expositionszeit richtet sich theils nach der Intensität und chemischen Wirksamkeit des angewandten Lichtes, theils nach der Stärke der benutzten Vergrösserung, theils auch nach den Eigenschaften des Objects. Zarte und durchsichtige Objecte erfordern unter sonst gleichen Verhältnissen eine kürzere Expositionszeit als derbere oder namentlich solche, deren Farbe gelb, braun oder roth

ist. Derartige Objecte lassen nur bei sehr verlängerter Exposition eine detaillirte Zeichnung erkennen, da ihre Farbe den chemischen Strahlen den Durchtritt ausserordentlich erschwert. Bei Anwendung von Sonnenlicht oder Magnesium zur Aufnahme ganz schwacher Vergrösserungen ist die Expositionszeit momentan, sie wächst mit der Vergrösserung, resp. der Verminderung der Intensität des Lichtes etwa im quadratischen Verhältniss. Bei Petroleum ist die Expositionszeit natürlich ungleich länger als bei Magnesium, man thut daher wohl, starke Vergrösserungen nicht bei Petroleumlicht zu photographiren.

Die Bestimmung der nothwendigen Expositionszeit ist namentlich bei schwachen Vergrösserungen misslich; eine geringe Ueberschreitung der erforderlichen Zeit genügt, um das Negativ unbrauchbar zu machen. Es geht daraus hervor, dass man schwache Vergrösserungen zweckmässiger mit gedämpftem Licht aufnimmt. Sehr werthvoll ist auch die von Moitessier beobachtete Eigenschaft des blauen monochromatischen Lichts, eine Ueberexposition kaum zuzulassen. Nach seiner Angabe soll selbst bei sehr verlängerter Exposition im blauen Licht eine gewisse, gerade geeignete Maximalwirkung nicht überschritten werden. Man würde also durch Anwendung des monochromatischen Lichtes die beiden, gerade bei schwachen Objectiven am meisten hervortretenden Fehlerquellen, Focaldifferenz und schwere Bestimmbarkeit der Expositionszeit vollkommen vermeiden. Ueber die letzterwähnte Eigenschaft des monochromatischen Lichtes habe ich indessen noch keine eigenen Erfahrungen. Jedenfalls ist es sicher, dass bei Anwendung des blauen Lichtes die Expositionszeit eine mindestens 3mal längere sein muss, als im weissen Licht. Man kann die Dauer der Expositionszeit auch durch die Wahl eines mehr oder weniger empfindlichen Collodiums beeinflussen; für schwache Vergrösserungen wird man natürlich weniger empfindliches, für starke schneller arbeitendes Collodium vorziehen. Ebensowenig wie ein Minimum können wir für die Expositionszeit mit Bestimmtheit ein Maximum angeben, indessen wird man bei Anwendung von Sonnen- und Magnesiumlicht kaum je über 1½—2 Minuten hinauszugehen brauchen, während bei Anwendung von diffusem Tageslicht oder Petroleum eine Expositionszeit von 10, 15, ja 20 Minuten und mehr erforderlich und nützlich sein kann.

Was den Gebrauch der Chemikalien und die beim Photographiren erforderlichen Manipulationen anbetrifft, so lassen sich die-

selben besser zeigen und praktisch lernen als beschreiben und aus einem Buche begreifen; man wird daher wohlthun, sich in die photographische Technik von einem erfahrenen Photographen einführen zu lassen, von dem man in wenigen Tagen das Erforderliche lernen kann. Auch finden sich in dem Werke von Moitessier ausführliche Angaben über diese Dinge. Die Zusammensetzung der photographischen Flüssigkeiten ist innerhalb recht weiter Grenzen eine ziemlich gleichgültige; jeder Photograph beinahe hat seine eigenen Recepte, die er für die besten hält und mit denen er gute Bilder macht; man thut am Besten die Mischungen desjenigen Photographen zu adoptiren, von welchem man sich in die Technik einführen lässt, da man dann über die verschiedensten Fehlerquellen am Leichtesten Aufschluss erhalten kann. — Die Reinigung der zum Photographiren zu benutzenden Glasplatten ist eine ziemlich umständliche Operation. Dieselben werden zuerst eine Stunde lang in starke Salpetersäure eingelegt, abgespühlt, dann mit Seife, nachher mit destillirtem Wasser gewaschen, und nachdem sie etwas trocken geworden sind, mit Tüchern von alter Leinwand, die ohne Seife in destillirtem Wasser gewaschen sind, getrocknet. Dann spannt man sie auf ein Putzbrett, auf dem sie beiderseits mit Alcohol und alter Leinwand so lange polirt werden, bis der Hauch gleichmässig und ohne Streifen oder Flecken zu zeigen, auf ihnen verfliegt. Zuletzt kann man die am Besten geputzte Seite vortheilhaft mit einem in eine ätherische Wachslösung getauchten Leinwandbausch poliren. Die so vorgerichteten Platten bewahrt man in einem Kasten mit seitlichen Einschnitten vor Staub geschützt auf. Die am Besten geputzten Flächen müssen alle nach derselben Seite gekehrt sein.

Nachdem man die Einstellung des Objectes am photographischen Apparat verrichtet hat, wird eine solche Glasplatte mit dem käuflichen Jodcollodium übergossen und wieder abträufeln gelassen. Diese Manipulation ist eine nicht ganz leichte und erfordert viele Uebung. Man muss sich hüten, das Collodium dabei nicht die die Platte haltenden Finger berühren zu lassen, da der in ihm enthaltene Aether das an den Fingern befindliche Fett auflösen und auf die Platte bringen würde, wodurch Streifen oder Flecken entstehen würden. Mit der etwas getrockneten Platte begiebt man sich nun in das Dunkelzimmer, wo dieselbe durch Eintauchen in eine Höllensteinlösung, das Silberbad, empfindlich gemacht wird, indem sich eine Jodsilberschicht an der Oberfläche des Collodiumhäut-

chens bildet. Auch hierbei ist Vieles praktisch zu erlernen. Nachdem die Platte aus dem Silberbade herausgenommen ist und man sie hat etwas abträuflen lassen, wird sie mit der empfindlichen Seite nach vorne in die Cassette gelegt und in dieser eingeschlossen in den photographischen Apparat eingeschoben. Während das Licht von dem Object noch durch eine zwischen Beleuchtungslinse und matter Glasplatte aufgestellte schwarze Pappe abgehalten wird, öffnet man den Schieber der Cassette, entfernt die Pappe, und setzt dieselbe nach Ablauf der Expositionszeit wieder an ihren Ort. Mit der durch den Schieber wieder geschlossenen Cassette begiebt man sich nun in das Dunkelzimmer. Die herausgenommene Platte, auf der nun noch keine Veränderung sichtbar ist, wird dann mit der Hervorrufungsflüssigkeit übergossen, wobei das Bild erscheint. Man muss diese Flüssigkeit zuerst auf die Theile der Platte giessen, welche oben waren, und von da nach unten fliessen lassen, da sonst durch Vermischung derselben mit den am unteren Rande angesammelten Tropfen der Höllensteinlösung Flecken entstehen würden. Zur Hervorrufung der Bilder wendet man meistens ein Gemisch von Alcohol, Essigsäure, Eisenvitriol und Wasser an und verstärkt die Wirkung dieser Lösung, wenn sie nicht ausreichend ist, nach gehörigem Abspülen der Platte mit Wasser durch Aufgiessen einer Lösung von Pyrogallussäure mit Zusatz von etwas Höllensteinlösung. Soll aber das Negativ das Object einer weiteren vergrösserten Aufnahme werden, so thut man besser das Bild nur durch eine Lösung von Pyrogallussäure hervorzurufen, wobei es sich weit langsamer und zarter entwickelt. Es ist nun noch nöthig, das Bild durch Begiessen mit einer »Fixirungsflüssigkeit« gegen weitere Einwirkung des Lichtes unempfindlich zu machen, wozu entweder eine Lösung von unterschwefligsaurem Natron oder eine schwache Cyankaliumlösung dienen kann. Letztere verdient bei Weitem den Vorzug vor dem Natron, da sie einerseits schneller und kräftiger wirkt, andererseits durch Abspülen der Platte mit Wasser leichter und vollständiger entfernt werden kann, als die Natronlösung, von der gar zu leicht kleine Reste auf der Platte zurückbleiben und nach dem Trocknen durch Krystallisiren das Negativ verderben. Das getrocknete Negativ wird schliesslich, wenn es nicht zu einer weiteren Aufnahme dienen soll, mit einem schützenden Firniss überzogen, wozu man am Besten eine alcoholische Lösung von Schellack anwendet, die auf die etwas erwärmte Platte aufgegossen wird. Auch nachher muss die

Platte bis zur vollständigen Verflüchtigung des Alcohols gelinde erwärmt werden. Lässt man sie dann erkalten und dadurch den Lack fest werden, so ist sie zum Abzuge von Copieen fertig. Der von verschiedenen Seiten zum Firnissen der Negative empfohlene in Chloroform gelöste Bernsteinfirniss empfiehlt sich, obwohl er ohne Anwendung von Wärme schneller trocknet, deshalb weniger als der Schellack, weil er durch seine gelbe Farbe das Copiren der Bilder beträchtlich verzögert.

Sollen die erhaltenen Negative durch eine zweite Aufnahme vergrössert werden, so bringt man sie entweder auf den Objecttisch des mikrophotographischen Apparates, wo sie wie sonst die mikroskopischen Präparate behandelt werden, oder, wenn die Vergrösserung nur 2—3mal gesteigert werden soll, in einem passenden Gestell vor den wie zu makroskopischen Aufnahmen eingerichteten Apparat mit verlängertem Balge. Zu ihrer Erleuchtung dient dann ein Beleuchtungsapparat, bestehend aus Beleuchtungslinse, matter Glasplatte und nöthigenfalls aus einem Spiegel. Die nach diesen Negativen gemachten Aufnahmen sind natürlich positive Glasbilder und müssen noch einmal als Objecte für eine neue Aufnahme dienen, welche dann wieder ein Negativ liefert, von welchem man positive Papierbilder abziehen kann. Ich habe mit dieser Methode schon vor ziemlich langer Zeit recht gute Resultate erzielt, glaube aber nicht, dass man durch eine mehr als 10malige Vergrösserung des ursprünglichen Negativs noch weitere Vortheile erreichen kann. Innerhalb dieser Grenzen lassen sich aber recht schöne Bilder anfertigen und es können so namentlich die mit den ganz kleinen auf das Mikroskop aufzusetzenden Apparaten gewonnenen Bilder in zweckmässiger Weise vergrössert werden.

Was das Copierverfahren anbetrifft, so verweise ich auf die praktische Anleitung eines Photographen, sowie auf die ebenso gründliche wie vollständige und umfassende Arbeit von Moitessier, die ich schliesslich Jedem, der sich für Mikrophotographie interessirt, oder sich damit praktisch beschäftigen will, angelegentlichst empfehle.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. III.

Fig. I. Grundlage des mikrophotographischen Apparates, Balgcamera und Stativ.

1 a. und b. Die beiden durch Charniere verbundenen Hälften des Grundbrettes, die hintere heruntergeschlagen.

2. Kasten der Camera, der vorne auf einer Messingplatte
3. ein gewöhnliches photographisches Objectiv trägt.
4. Rahmen zur Aufnahme der matten Glasscheibe resp der Cassette, in einer Schlittenvorrichtung auf dem Grundbrette verschieblich und durch die

* Schraube feststellbar.

4 a. Balg der Camera.

5. Riegel zur Vereinigung der beiden Hälften des Grundbrettes in einer Ebene.
6. Eiserner Cylinder. in dem Theile A des Stativs drehbar und durch die

6 a. Schraube feststellbar.

7. Charnier zur Verbindung der Camera mit dem Eisencylinder, durch Anziehen der

** Schraube mittelst eines Schlüssels festzustellen.

8. Stellbare Stütze zur Unterstützung der Camera bei horizontaler oder schräger Stellung.
9. Hohlcylinder zur Aufnahme einer Führungsstange des Objecttisches (s. Fig. 6.) Das Stativ ist aus der Zeichnung verständlich.

Fig. II. Ansicht des drehbaren Eisencylinders, der die Camera trägt, im Längs- und Querschnitt.

1. Eisencylinder, in dem
2. Ringe steckend, auf dessen mit Schraubengewinde versehenen
3. Stiel sich die
4. Flügelschraubenmutter befindet, durch deren Anziehen gegen die
5. Vorlegescheibe man den Eisencylinder vermittelst des Ringes gegen den
6. cylindrischen Theil des Stativs anklemmt und seine Drehbarkeit aufhebt.

Fig. III. Hebel der Mikrometerschraube schräge von der Seite.

1. Die beiden flachen Stangen des Hebels.
2. Die beiden sie verbindenden Stützen.
3. Ring. auf die rechte Führungsstange des Tisches aufzustecken, mit der Schraube zu befestigen, um die Axe 3 a drehbar.
4. Schlitz, für die an dem kurzen Rohre des Objecttisches stehenden Zapfen (Fig. 7. 9).

5. Klemme zur Befestigung der Mikrometerschraubenspindel mit Hilfe der Schraube 6, um die Axe 5 a drehbar.

Fig. IV. Vertikaler Längsschnitt des hinteren Theils der Mikrometerschraube

1. Schraubenspindel.
2. Lange Schraubenmutter mit dem breiten Kopfe 3.
4. Ring, durch welchen die Schraubenmutter glatt hindurchgeht, und in dem sie sich dreht, während sie durch den Ansatz 5 und die vorgeschraubte Scheibe 6 verhindert ist in dem Ringe vor- oder rückwärts zu gleiten.
7. Vertikal stehende Axe des Ringes, in den Lagern 8 drehbar.

Fig. V. Querschnitt des hinteren Endes der Mikrometerschraube bei a b in Fig. 4.

1. Schraubenspindel.
2. Schraubenmutter.
3. Ring mit den Axen 4.
5. Axenlager auf der Platte 6 stehend und mit dieser durch die Schrauben 7 an dem Kasten der Camera befestigt.

Fig. VI. Horizontaler Längsschnitt des mikrophotographischen Apparats.

1. Kasten der Camera.
1 a Balg der Camera.
2. Messingplatte, welche die Fassung 3 trägt, in der sich der weite Tubus 4 durch Zahn und Trieb verschieben lässt, 5 enger Tubus zur Befestigung des Objectivs 6. 7. Fassung für das Ocular 8
9. Hohlcylinder zur Befestigung der Führungsstangen (10) des Objecttisches 11.
12. Hülsen desselben zur Befestigung auf den Führungsstangen.
13. Federklemmen zum Befestigen des Objects.
14. Andeutung des in der Schnittfläche nicht getroffenen Hebels. 15. Drehpunkt desselben auf dem Ringe. 16. Rohr mit Blendungscylinder.
17. Klemme zur Befestigung der Mikrometerschraube am Hebel.
18. Hinterer Theil der Mikrometerschraube (Fig. 4).

Fig. VII. Vertikaler Längsschnitt des mikrophotographischen Apparates mit dem Beleuchtungsapparat.

1—6 wie in Fig. 6.
7. Objecttisch.
8. Weites Rohr mit den Zapfen 9, an welchen der Hebel der Mikrometerschraube angreift.
10. Cylinder zur Aufnahme des Condensors und der Blendungen.
11. Stange, auf welcher sich die Theile des Beleuchtungsapparates verschieben lassen (verkürzt).
12. Mattgeschliffene Glasscheibe.
13. Beleuchtungslinse.
14. Silberspiegel.

Fig. VIII. Ansicht des Apparates mit Weglassung des Beleuchtungssystems nach einer Photographie. Der Objecttisch ist gegen die Sonne gerichtet.

Fig. IX. Magnesiumlampe mit Uhrwerk und Reflector.

1. Gehäuse des Uhrwerks.
2. Flügelregulator.
3. Arretirung.
4. Schlüssel zum Aufziehen des Uhrwerks.
5. Flache Röhre zur Leitung des Magnesiumbandes.
6. Hohlspiegel.
7. Sammellinse.
8. Kleine Trommel, in welcher das Magnesiumband auf einer drehbaren Axe aufgerollt ist, und aus welcher es das Uhrwerk hervorzieht.

Ueber die Skulptur der Kieselschale der Grammatophora.

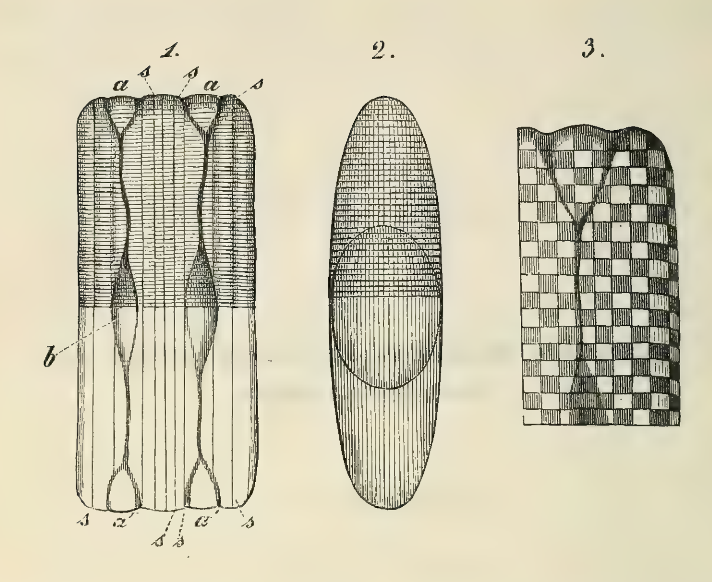
Von

M. Schiff in Florenz.

Hierzu 3 Holzschnitte.

Da die Beschreibung, welche im 9. Bande der Untersuchungen von Moleschott in meinem Aufsatz über Testobjecte von der Skulptur der Grammatophora gegeben wurde, eines kleinen Nachtrags bedarf, will ich die mir durch denselben gebotene Gelegenheit benutzen, um die Abbildungen, welche mein Assistent Herr Dr. Herzen von der Gramm. subtilissima gefertigt hat, mit einigen Erläuterungen zu veröffentlichen.

Von den umstehenden Figuren zeigt Fig. 1 eine vollständige Grammatophora von der Nebenseite, d. h. von der Seite, welche gewöhnlich als Test dient. Auf die Querlinien, ihre Ausbreitung und ihre relative Schärfe wurde bei dieser Zeichnung vorzüglich Rücksicht genommen. Dieselben sind ganz getreu wiedergegeben. Hingegen ist der wulstige quergestreifte Rand, welcher die ganze Figur umgibt, etwas, wenn auch nicht viel, zu dunkel ausgefallen und die Längsfurchen a a′, und $\alpha\,\alpha'$ sind erst nachträglich und nur schematisch, ohne Festhalten ihrer Biegungen hineingezeichnet, damit man sich besser orientiren kann und damit man besser erkenne, wie die dichten Querstreifen, welche auf dem Randwulste und dicht neben demselben (wo sie bisher allein beschrieben und abgebildet wurden), am schärfsten und dunkelsten sind, schon bei ihrer Annäherung an die



Längsfurche a a′ feiner und blasser werden, um sich jenseits dieser Furche, immer noch zarter und blasser werdend, bis über die Mittellinien fortzusetzen und sich mit denen der anderen Hälfte zu verbinden. Ungefähr parallel mit dem Rande und den Längsfurchen sieht man die in meiner ersten Arbeit sogenannten Längsstriemen s s. Obschon sie die Zahl und Richtung derselben so angibt, wie sie auf dem gerade damals untersuchten grossen Exemplare von Gr. subtilissima sichtbar waren, muss ich bemerken:

1) dass die Zahl derselben, besonders im Mittelfelde, aber auch oft in der Randparthie in vielen Exemplaren, namentlich den breiteren, grösser ist, als ich in der Abbildung und in meiner ersten Abhandlung angegeben. Die Zahl kann im Ganzen bis auf das Doppelte steigen und sie scheint sich mit dem Alter der Diatomee zu vermehren, denn ich sah sie am grössten bei solchen Exemplaren, die sich zur Theilung vorbereiteten.

2) Die Striemen zeigen in ihrem Verlauf gewöhnlich einen vollständigen Parallelismus mit der Längsfurche, so dass sie am obern Ende und in der Mitte der Diatomee den Biegungen dieser Furche folgen.

Bei dunkelgrundiger Beleuchtung der trockenen Grammatophora mit einer dotted-lent von grossem Durchmesser habe ich mich überzeugt, dass diese Striemen tiefe Furchen sind, welche die Ober-

fläche der Diatomee in viele nebeneinanderliegende, halbcylindrisch erhabene Längsfelder theilt, von denen bei durchfallendem Licht nichts zu sehen ist. Dass dieselben Furchen sind, geht schon daraus hervor, dass die ganz trockene Grammatophora, wenn man sie mit dem Deckglas ein wenig misshandelt, leicht in der Richtung dieser Striemen auseinander bricht und so in einzelne nebeneinander liegende gewölbte Streifen zerfällt. Ich bewahre ein Präparat dieser Art zur Demonstration auf.

Schon in meiner ersten Abhandlung habe ich angegeben, dass diese Striemen nicht die eigentlichen Längslinien sind. Diese sind viel feiner, zarter und nur bei etwas scharfem Licht erkennbar. Es liegen deren etwa vier und mehr zwischen zwei Striemen.

Fig. 2 zeigt bei wenig schiefer fast centraler Beleuchtung die wahren Längslinien durch ein vorzügliches starkes Objectiv mit Immersion in Ricinusöl gesehen. Die benutzte Vergrösserung war etwa 1800; Rapport des Objectives 65. Man sieht hier die Grammatophora von der Hauptseite und erkennt, dass auch sie von den (nur an der obern Hälfte gezeichneten) Querlinien umgeben ist, mit welchen die in ganz gleicher Distanz von einander abstehenden Längslinien blaue Quadrate bilden. Dass in der Mitte der Figur sichtbare Oval entspricht einer centralen Höhlung, mit der die Längsfurchen in Verbindung stehen und deren Rand auch von der Nebenseite, Fig. 1 bei b, gesehen wird. Ganz ähnliche enggestellte Längslinien, wie auf der Hauptseite, befinden sich auch auf der Nebenseite und bilden auch dort Quadrate, welche in

Fig. 3 nach einer 4000maligen Vergrösserung gezeichnet sind. Die Figur stellt ein Quertheil der Nebenseite einer Grammatophora vor. Man sieht bei schiefem Lichte die Quadrate schachbrettartig, hell und dunkel nebeneinander. Jenseits der Längsfurche gegen die Mittellinien zu, werden sie viel zarter und blasser. Auch hier ist, wie in Fig. 1, die Längsfurche blos schematisch hineingezeichnet. Kehrt man die Richtung der schiefen Beleuchtung um, so werden die hellen Quadrate dunkel und die dunkeln hell. Hingegen ist nichts der Art zu bemerken, wenn man langsam die Entfernung des Objectes vom Objectiv verändert. Dies zeigt in Verbindung mit ähnlichen, bereits bei grössern verwandten Arten genauer beobachteten und im Detail verfolgten Erscheinungen an, dass je ein dunkles und ein helles Feld zusammengehört, und dass sie die beiden durch die obere Kante getrennten Seitenfelder eines liegenden

Prisma aus Kieselsubstanz darstellen. Die dem Lichte zugekehrte Seite ist immer dunkel, die vom Licht abgewendete hell.

Ein Blick auf die Figur lehrt, wie man bei wenigen zureichenden optischen Mitteln, in den schief aneinander stossenden dunkeln Quadraten, die nicht einzeln unterschieden werden konnten, und deren kleine winkelige Vorragungen dem Auge verschwanden, schiefe sich rechtwinklig durchkreuzende Linien sehen konnte. Man sieht aber auch, dass die Analogie, welche man, auf diesen Anschein gestützt, zwischen der Randzeichnung der Grammatophora und der Oberfläche der Pleurosigmenschale zu finden glaubte, durchaus nicht vorhanden ist. Hingegen haben wir in diesen Quadraten der Grammatophora ganz die Zeichnung der Gyrosigma und insbesondere der Gyrosigma formosum, bei der man auch fälschlich schiefe Linien angenommen hat.

Als Testobject wird gewöhnlich die sogenannte Grammatophora subtilissima der Gramm. marina mit Recht bei weitem vorgezogen, weil die Seitenparthien der in Balsam liegenden Schale bei ersterer so sehr viel schwieriger »gelöst« werden. In praktischer Beziehung, in Bezug auf die Prüfung des Mikroskops, mag daher die Unterscheidung zwischen den angenommenen beiden Arten ihre Geltung behalten. Ich muss aber hervorheben, dass es mir trotz vielfachen Mühens unmöglich war, einen constanten, charakteristischen und durchgreifenden Unterschied zwischen den beiden genannten Formen zu finden, der sie wirklich als zwei verschiedene Species kennzeichnete. In jeder Beziehung, in der Form, Grösse der Zahl und der Feinheit der Streifen finden sich zahlreiche Uebergänge. Man kann, wenn man viele Individuen einer und derselben Colonie der marina aus dem Mittelmeer untersucht, einzelne Formen finden, welche sich ganz an die macilenta von Smith und an die subtilissima von Bailey anschliessen. Die Gr. parallela von Ehrenberg (Microgeolog. Tb. XXI. f. 26) aus dem adriatischen Meere (auch an der Westküste von Italien und um Genua von mir, und bei Frankreich von einem meiner Bekannten gefunden) ist eine marina mit sehr feinen Streifen, die sich schon der subtilissima nähert. Die mexicana Ehrenb. (auch bei Neapel gefunden) ist der Gestalt nach eine subtilissima, oft mit den gröberen Streifen der marina. Wenn ich andererseits viele subtilissima verglich, die von Bailey selbst als amerikanische Originalexemplare ausgegeben worden sind, erkannte ich darunter manche gut charakterisirte marina, und noch mehr ist

dies der Fall, wenn man die unter dem Namen subtilissima von den Händlern in Paris und London verkauften Exemplare mustert. Für unsern Zweck mag man, wie gesagt, allerdings diejenigen Exemplare als subtilissima festhalten, welche die langgestreckte Form haben, wie sie Schacht zeichnet, und die ausserdem den gerade verlaufenden (der Mitte nähern) Theil der Längsfurche mehr als $1^1/_2$mal so lang haben, als der gebogene Endtheil der Furche ist. Bei diesen sind im Allgemeinen die Querlinien des Randes viel schwerer zu erkennen, wenn die Diatomee gehörig mit Balsam behandelt ist, als bei den ebenso zubereiteten kürzeren und breiteren Formen derselben Species. Die Gr. serpentina hingegen ist eine gute Art, welche eine viel gröbere Skulptur hat, und die sich darum zur ersten Orientirung empfiehlt.

Die oben erwähnte Vergrösserung von 4000 wurde wegen des starken Oculars, dessen Achromasie unzureichend war, auch bei monochromatischem Lichte controllirt; da das Lampenlicht, wie es Brewster zuerst anwendete, hierzu nicht stark und auch nicht monochromatisch genug ist, wurde nach dem Vorschlag von Amici hierzu eine der Sonne ausgesetzte »dunkle Kammer« eingerichtet. Im Fensterladen befand sich in der engen Spalte ein drehbares Prisma aus Flintglas, welches die zerlegten Strahlen auf das Beleuchtungsprisma des Mikroskopes warf. Es waren so ohne alle Chromasie die höchsten Vergrösserungen zu erreichen und die Formen zeigten wunderbare Klarheit. Man konnte auf diese Weise noch zu manchen Zwecken eine Linearvergrösserung von 8000 benutzen.

Die von mir bei dieser Untersuchung benutzten Objective gehören zu den besten, welche Amici für seine eigenen Arbeiten für sich reservirt hatte. Nur wenige sind für Immersion mit Wasser, die meisten für Oel. Sie ertragen bei gehöriger Mischung der Immersionsflüssigkeit zum Theil noch die stärksten Oculare.

Um aber die hier mitgetheilten Thatsachen zu controlliren, kommt es weniger auf die strenge und sorgfältige Auswahl der Objective an, als auf die gehörige Präparation und Beleuchtung der Diatomee. Man wähle die grösseren Exemplare und glühe dieselben vor der Untersuchung. Die erste Prüfung nehme man an der trockenen Diatomee vor, dann untersuche man solche, die in Wasser oder in Wasser und Weingeist aufgeschwemmt sind. Die so befeuchtete Diatomee liefert oft noch klarere Bilder als die trockene.

Man nehme entweder fast centrales Lampenlicht oder bei schwach schiefer Beleuchtung abgeblendetes Sonnenlicht, am besten von einer leuchtenden Wolke. So wird man bei ganz genauer Einstellung auf nur eine beschränkte Stelle der Grammatophora am leichtesten in den Randpartien, schwerer gegen die Mitte zu die Vierecke erkennen. Am leichtesten sieht man sie in der Mitte bei solchen Individuen, welche der Theilung nahe sind. Die Mitte erfordert immer eine tiefere Einstellung als der Rand, und nicht bei allen sieht man Rand und Mitte gleich gut. Sehr schiefe Beleuchtung erzeugt durch die bekannten Aberrationen und Verzerrungen verworrene Bilder. Am häufigsten sind hier, besonders bei unvollkommeneren Objectivsystemen zwei Irrthümer. Schiefe Beleuchtung in der Richtung der Längsachse erzeugt den Anschein von Rechtecken, indem die Quadrate einseitig verlängert werden. Eine mehr quer gerichtete schiefe Beleuchtung erzeugt den Anschein von Sechsecken, wie bei der Pleurosigma angulatum. Drehung des Objectes zeigt aber schon ohne Verbesserung der Beleuchtung, dass die Sechsecke hier Trugbilder sind. Auch unvollkommene Einstellung kann entweder Sechsecke oder schwarze Punktreihen erzeugen. Sehr kleine zartstreifige Grammatophoren oder die sogenannte »Gr. subtilissima« in Balsam eingeschmolzen, zeigten mir die Vierecke nicht mehr plastisch, wohl aber sah ich überall die Längs- und Querlinien, welche in rechtwinkligen Maschen sich kreuzend, die Vierecke umgränzen, so dass auch hier durch das Liniennetz die Gleichheit der Skulptur bestätigt wird. Die beschriebenen Formen sind keineswegs so zart, dass sie nur mit den besten Objectiven zu erkennen wären, aber die plastischen Bilder lieferten mir die Objective von Amici, welche mit den stärkeren Ocularen sehr scharf die Gestalt der Vierecke erkennen liessen. Wer sich indessen, ohne sehr starke gute Linsen zu besitzen, im Allgemeinen von der Richtigkeit meiner Darstellung überzeugen will, der wähle die in nördlichen Meeren so gemeine Gram. serpentina, bei welcher die hellen und dunkeln Quadrate ziemlich gross sind, und deren Bau selbst unter Canadabalsam leicht erkannt wird. Man wird dann einsehen, dass alle Abbildungen, welche bis jetzt von derselben gegeben worden, einer unvollständigen Correction des Objectivs oder einer unvollkommenen Einstellung ihren Ursprung verdanken, und dass die dicken schiefen Linien, welche manchmal auf derselben gezeichnet werden, nichts sind als die ineinander verschwommenen Quadrate.

Für diejenigen, welche den gangbaren Diagnosen gemäss glauben, die Gramm. marina und subtilissima durch die Form der vittae (der grossen, einer innern durchbohrten Scheidewand entsprechenden Seitenfurchen) unterscheiden zu können, füge ich die Bemerkung hinzu, dass ich jetzt auf einer Reise in Sicilien ächte Gramm. marina erhalten habe, von denen viele Exemplare die vitta auf der einen Seite von normaler Form haben, während sie auf der andern Seite ganz so ist, wie sie bei »Gr. subtilissima« beschrieben wird.

Ueber den Bau der Wirbelthierleber.

Von

Ewald Hering.

Professor der Physiologie an der Josephsakademie.

Zwei Mittheilungen an die K. Akad. d. Wiss. zu Wien, die erste am 11. Mai 1866, die zweite am 6. December 1866 vorgelegt [1]).

Hierzu Taf. IV.

(Erste Mittheilung.)

Eine an Thieren aus allen vier Wirbelclassen durchgeführte vergleichende Untersuchung hat zu dem Ergebniss geführt, dass die Leber sich nach ihrem feineren Baue durchaus den übrigen Absonderungsdrüsen anreiht, dass sie als eine tubulöse Drüse mit netzförmig anastomosirenden Gängen aufgefasst werden darf, und dass die Galle gleich dem Secrete anderer Drüsen durch die von den Drüsenzellen gebildete Lichtung der Drüsengänge abfliesst.

Der Beweis lässt sich ohne alle Rücksicht auf die vielbesprochene Frage nach der *Membrana propria* der Leberbalken schon aus der blossen Anordnung der Leberzellen und ihrer Beziehung zu

1) Die hohe Bedeutung der Resultate nachstehender aus den Sitzungsber. der K. Akademie d. Wiss. zu Wien Jahrg. 1866 entnommener Abhandlungen über die Structur der Leber rechtfertigt den wiederholten Abdruck, zu welchem der geehrte Verfasser mir auf meine Anfrage die Erlaubniss ertheilte, und von der zweiten Abhandlung freundlichst Correcturbogen vor der Ausgabe zur Disposition stellte. Von den Abbildungen sind hier nur die zur zweiten Mittheilung gehörigen reproducirt. M. Schultze.

den feinsten Gallenwegen in zwingender Weise ableiten. Bei gewissen Wirbelthieren sind die Leberzellen in der unverkennbarsten Weise ebenso angeordnet, wie die Epithelzellen eines beliebigen andern Drüsenganges; es zeigen sich auf dem runden Querschnitte der Leberzellenschläuche wandständige, im Kreise angeordnete, aussen breite, nach innen stark verschmälerte Zellen in einfacher Lage, welche einen sehr engen centralen drehrunden Gang umschliessen. Die Zellenkerne sind in der regelmässigsten Weise der Aussenseite des Schlauches angelagert, so dass schon die Anordnung dieser Kerne den Bau der Drüse verräth. Von dieser, dem üblichen Drüsenschema genau entsprechenden Anordnung der Leberzellen bis zu derjenigen, welche das Säugethier zeigt, findet sich eine zusammenhängende Reihe von Uebergängen. Die Zahl der Leberzellen, welche auf dem Querschnitte zur Bildung eines feinsten Gallenweges zusammentreten, wird spärlicher, reducirt sich auf vier, drei und endlich auf zwei. Letzteren Falls wird der Gallenweg nicht mehr gebildet durch das Zusammenstossen der abgestumpften Innenkanten mehrerer Zellen, sondern dadurch, dass die scheinbar einfache Scheidewand, welche zwei mit den Flächen zusammenstossende Leberzellen trennt, in ihrer Mitte sich in zwei gesonderte Blätter spaltet, die sich sofort wieder vereinigen und auf diese Weise eine cylindrische Lichtung herstellen, in welcher die Galle fliesst. Hierin liegt der Hauptschlüssel zum Verständniss des Baues der Säugethierleber, welcher selbst in den neuesten trefflichen Arbeiten nicht genau dargelegt ist. Denn was insbesondere die in der letzteren Zeit wiederholt beschriebenen Gallenwege des Kaninchens betrifft, so stellen dieselben weder ein »Capillarnetz« mit eigener Wandung dar, von welchem das Blutgefässnetz derart durchsetzt wird, dass es »dem Zufalle überlassen bleibt, ob die Röhren beider Systeme sich berühren, umstricken oder unabhängig von einander verlaufen« (Mac Gillavry), noch liegen die feinsten Gallenwege »an den Kanten, die Knotenpunkte der Gänge an den Ecken der Leberzellen an,« so dass »ihre Lage ganz der der Intercellulargänge eines Pflanzenparenchyms entspräche« (Andrejević). Auch Beale's Darstellung ist nicht genau. Hierauf wird bei Besprechung der Säugethierleber zurückzukommen sein.

Die gröberen Gallengänge bilden bei allen Wirbelthieren ein die Pfortaderzweige umspinnendes weitmaschiges Netz, und selbst ausserhalb der Leber, zwischen ihr und dem Darme, finden sich bei manchen Thieren grossmaschige Netze von Gallengängen. Der Ueber-

gang aus den feinen Absonderungswegen der Galle in die gröberen, mit einem Pflasterepithel ausgekleideten Ausführungsgänge findet überall in der Nähe der Pfortaderzweige derart Statt, dass an Stelle der grossen Leberzellen die kleinen Zellen des Pflasterepithels treten, bald mit, bald ohne deutliche Uebergangsstufen, während die Lichtung des Gallenweges sich dabei nur sehr wenig und allmählich erweitert.

Das Verhältniss der Leberzellen zu den Blutwegen ist überall derart, dass jede Leberzelle mit der Blutbahn so zu sagen in Berührung ist. Wo die Leberzellen zu deutlichen Schläuchen zusammengeordnet sind, werden diese Schläuche ringsum vom Blute umflossen, so dass jede Zelle eine ihrer Flächen dem Blutstrome zukehrt. Das Netz der Capillaren ist so durch das der Leberschläuche hindurchgesteckt, dass beide scheinbar den ganzen Raum füllen. Je weniger Zellen zur Bildung eines Gallenweges zusammentreten, mit einem desto grösseren Bruchtheile ihrer Oberfläche steht die Leberzelle mit der Blutbahn in Berührung. Wo die Gallenwege nur von zwei Leberzellen umschlossen sind, grenzt jede Leberzelle mit mehreren Flächen an Blutcapillaren, mit den übrigen an die Nachbarzellen, und in der Mitte der Scheidewände, durch welche die Zellen getrennt werden, fliesst die Galle. Ueberall also sind die Gallenwege durch Zellsubstanz von den Blutwegen geschieden.

Bei der Untersuchung ging ich zunächst von der durch anderweitige Beobachtungen gewonnenen Erfahrung aus, dass die Zellenkerne der Absonderungsdrüsen eine ganz gesetzmässige Lagerung zeigen. Es gilt nämlich im Allgemeinen das Gesetz, dass die Kerne derjenigen Wand der Drüsenzelle anliegen, welche der Lichtung des Drüsenganges ab-, der sogenannten *Membrana propria* zugekehrt ist, sofern sich letztere nachweisen lässt. Auf die Leber übertragen, würde dies heissen, dass die Zellenkerne überall in nächster Nähe des Blutstromes liegen müssten. Es zeigte sich nun, dass dies in der That bei den meisten Thieren der Fall ist, und dass man unter Berücksichtigung des obigen Gesetzes sich leicht von dem tubulösen Baue der Leber der Fische, Reptilien und Vögel überzeugen kann, ohne hierzu irgendwelche Injection nöthig zu haben.

Man erkennt auf feinen Schnitten des gehärteten Organs, dass die Leberzellen dieser Thiere analog den Zellen anderer Drüsen angeordnet sind, wenngleich es nur in seltenen Fällen möglich ist, die Lichtung des Gallenweges als eine kleine kreisförmige Oeffnung

zu erkennen. Dasselbe gilt indess auch von den meisten anderen Drüsen, deren Lichtung im Allgemeinen viel enger ist, als man sie zu beschreiben und abzubilden pflegt, so eng, dass sie ohne Injection meist nicht aufzeigbar ist.

Man kann jedoch den tubulösen Bau der Leber auch ohne alle Rücksicht auf die Anordnung der Kerne nachweisen, wenn man die Gallengänge, und noch besser, wenn man zugleich die Blutgefässe injicirt. Derartige Präparate wirken eindringlicher. Die Injection der feinsten Gallenwege ist im Allgemeinen schwierig. Zwar an der Kaninchenleber wird sie auch dem Anfänger selten misslingen, weil sie hier so leicht ist, wie irgendwelche Blutgefässinjection, wenn man nur die trefflichen Vorschriften von Andrejević und Mac Gillavry befolgt; die Leber der meisten anderen Thiere aber bietet ernste Schwierigkeiten. Die grosse Feinheit der Gallenwege, das leichte Austreten der Injectionsflüssigkeit in und durch die Leberzellen, die Contraction der gröberen Gallengänge am frisch getödteten Thiere und manches Andere tritt störend entgegen.

Ich bediene mich zu allen feineren Injectionen fast ausschliesslich eines Apparates, welcher mit comprimirter Luft arbeitet, deren Spannung der Apparat selbst erzeugt, misst und während der ganzen Dauer der Injection constant erhält, wenn man nicht durch eine leichte Verstellung des Apparates die Spannung beliebig steigern will. Dieser Apparat ist einfach, sehr bequem und gestattet ein reinliches Arbeiten. Ich behalte mir vor, ihn gelegentlich zu beschreiben.

Bei der Injection der Gallenwege leistet der Apparat desshalb besonders gute Dienste, weil abgesehen von der Controle des Druckes viel auf die Geschwindigkeit der Injection ankommt. Man muss den Druck rasch oder von vornherein auf das zuvor erfahrungsgemäss bestimmte Maximum bringen, weil sich sonst das bereits in den gröberen Gallenwegen befindliche Berlinerblau niederschlägt, und dann jede weitere Steigerung des Druckes nicht zur Injection der feinsten Gallenwege, sondern zu Extravasaten führt. Einen genügenden Ersatz des gelösten Berlinerblau aber kenne ich nicht. Ich habe es zur Injection der Gallenwege ausschliesslich benützt, meist in Wasser, weil der Leim einen höheren Druck fordert, und also die ohnehin bei einigen Thieren unvermeidlichen Extravasate noch leichter eintreten. Solche Extravasate schaden übrigens nur der Schönheit des Präparates, nicht dem Verständnisse desselben, denn der

kundige Beobachter wird sie auch nicht entfernt mit den Gallenwegen verwechseln können.

Wo die künstliche Injection nicht zum Ziele führt, habe ich die schöne Methode der natürlichen Injection nach Chrzonszczewsky angewandt. Die Blutgefässe wurden durch natürliche oder künstliche Injection mit Carmin gefärbt. Der Zusatz von Leim bei der künstlichen Injection wurde vermieden, wenn es auf das Studium der Membrane ankam.

Ich gehe über zur Specialbeschreibung, beschränke mich aber für diesmal auf die Leber der Ringelnatter. Die Beschreibung der anderen werde ich nachfolgen lassen, sobald ich die Zeichnungen derselben vollendet habe. Schliesslich behalte ich mir die Erörterung einiger allgemeinen Fragen über die Membran der Leberzellen, das Vorhandensein einer *Membrana propria,* die Lymphgefässe etc. vor.

Die Leber von coluber natrix.

Unter allen von mir auf die Gallenwege untersuchten Reptilien gaben die Schlangen die schönsten Präparate. Die Derbheit der Leber gestattet nicht leicht Extravasate, die Gallenwege füllen sich leicht, und der tubulöse Bau der Leber tritt so deutlich hervor, dass ich keinen passenderen Anfang für das vergleichende Studium der Wirbelthierleber wüsste.

Ich führte eine feine Glascanüle in den bei Schlangen sehr langen *Ductus cysticus* derart ein, dass die Oeffnung der Canüle gegen den Darm sah. Die Injectionsflüssigkeit gelangt so in ein sehr weitmaschiges Netz grober Gallengänge, aus welchem einerseits Zweige durch das Pankreas zum Darm treten, anderseits der sehr lange *Ductus hepaticus* zwischen *Vena cava* und *Vena portae* zur Leber aufsteigt. Dicht über dem Pankreas unterband oder sperrte ich sonstwie den Zugang zum Darme. Der untere Theil der platt-walzenförmigen Leber füllte sich meist sehr schön bei einem Drucke von circa 40 Millim. Quecksilber. Doch bekommt man günstigen Falls schon bei geringerem Druck gute Präparate.

Je stärker man den Druck wählt, ein um so grösseres Stück der Leber füllt sich, aber man thut gut, sich mit einer nur theilweisen Injection zu begnügen, weil man den oberen oder vorderen Lebertheil nur auf Kosten des unteren füllen kann. Man kann Präparate erhalten, welche auf einem vollständigen Querschnitte der

ganzen Leber jeden Gallenweg gefüllt zeigen. Nach gelungener Injection der Gallenwege kann man sofort die *Vena portae* mit Carminleim unter schwachem durch die Consistenz des Leimes bedingten Druck füllen. Diese Injection kann nicht leicht fehlschlagen. Die Leber wird in Alcohol gehärtet und ein feiner Schnitt mit Glycerin aufgehellt. Mit Terpentin aufgehellte Präparate geben elegantere und dauerhafte Bilder der Injectionsbahnen, sind aber für die feinere Untersuchung weniger brauchbar.

Man sieht die feinen, drehrunden Fäden der blauen Injectionsmasse schwach gewunden in der Axe von dicken Schläuchen verlaufen, welche aus einkernigen Zellen aufgebaut sind, die in regelmässiger Anordnung wie ein einschichtiges Epithel den Gallenweg umschliessen. Diese Schläuche communiciren derart mit einander, dass sie ein enges Netz bilden, dessen Maschen im Allgemeinen einen kleineren Durchmesser haben, als die Schläuche selbst. Diese Maschen sind ausgefüllt von der rothen Injectionsmasse, welche durch eine deutliche Scheidewand von den Leberzellen getrennt ist. Jede Leberzelle wendet demnach eine grössere Fläche dem Blutstrome, eine sehr kleine dem Gallenstrome, die übrigen Flächen den Nachbarzellen zu. Blut- und Gallenwege sind stets um den Durchmesser einer Leberzelle von einander entfernt, und die Maschen der Gallenwege sind ebenso gross, wie die der Blutwege, wenn man davon absieht, dass die letzteren eine ungleich grössere Dicke haben. Die meisten Leberschläuche werden begreiflicher Weise von dem Schnitte in schräger Richtung getroffen. Auf senkrecht zur Axe des Schlauches treffenden Schnitten erkennt man, dass fünf und mehr Zellen im Umkreise eines Gallenweges gelegen sind. Die Kerne sitzen, wie erwähnt, sämmtlich an der Wand des Schlauches; wo immer man den Contour eines Schlauches scharf einstellt, kann man sicher sein, auch das scharfe Bild anliegender Zellenkerne zu erhalten. Sieht man die Zellen von der Aussenfläche, so erkennt man überdies, dass die Kerne nicht in der Mitte derselben, sondern meist in einer Ecke liegen, ein übrigens bei den Kernen der Drüsenzellen sehr verbreitetes Verhalten.

In unmittelbarer Nähe der Pfortaderzweige treten plötzlich an Stelle der grossen Leberzellen kleine Pflasterepithelzellen, jedoch nicht ohne dass meistens die letzten Leberzellen kleiner sind und kleinere Kerne zeigen, als die übrigen. Oft ist man zweifelhaft, ob man eine an der Uebergangsstelle gelegene Zelle noch als Leber-

zelle oder schon als Epithelzelle des abführenden Gallenweges bezeichnen soll. Die Lichtung des Gallenweges wird an der Uebergangsstelle nur wenig und allmählich weiter.

Die mit dem Pflasterepithel ausgekleideten Gänge zeigen eine zartstreifige Hülle, begleiten die Pfortaderäste, bilden, indem sie untereinander communiciren, weitmaschige Netze um dieselben und ergiessen sich in die weiteren Gallencanäle. Nur an sehr feinen Schnitten lässt sich der Uebergang der Absonderungsgänge in die Ausführungsgänge deutlich darlegen. Die benachbarten Blutcapillaren sind durch die Füllung des Pfortaderastes und der begleitenden gröberen Gallenwege meist comprimirt. Bisweilen sieht man entlang der Pfortaderzweige ziemlich langgestreckte Leberzellenschläuche, die wegen dieses Verlaufes sich von den übrigen stark gewundenen Schläuchen dadurch unterscheiden, dass sie nicht wie diese allseitig vom Blute umspült sind. Auch sind ihre Zellen etwas kleiner und nähern sich also einigermassen den Epithelzellen der Ausführungsgänge.

Will man nur die tubulöse Structur der Schlangenleber ohne Rücksicht auf die Blutgefässe demonstriren, so genügt es schon, eine nicht injicirte Leber in Alkohol zu härten und einen feinen Schnitt mit Glycerin und Essigsäure aufzuhellen. Man wird so leicht ein überzeugendes Präparat gewinnen.

(Zweite Mittheilung.)

Die Froschleber.

Die Gallenwege der Batrachierleber sind bereits von Hyrtl[1]) injicirt worden, jedoch hat derselbe die untersuchten Species nicht einzeln bezeichnet. Die von ihm hervorgehobenen technischen Schwierigkeiten dieser Injection mindern sich bedeutend, wenn man nicht durch den vom Pankreas umhüllten *ductus choledochus*, sondern durch die Gallenblase injicirt. Bei kleineren Thieren, z. B. Laubfröschen

1) Ueber das Verhalten der Leberarterie zur Pfortader bei Amphibien und Fischen. Sitzungsberichte der math.-naturw. Cl. der Wiener Akad. 1864. Bd. 49. Abth. I. S. 167.

dürfte die Injection durch den *ductus choledochus* überhaupt nicht möglich sein. Die Gallenblase des Laubfrosches, dessen Leber weit schönere Bilder gibt, als die Leber von *rana*, ist überdies so klein, dass ich mir zu ihrer Injection eine besondere Canüle anfertigen musste. Dieselbe musste sich am Ende schroff erweitern oder in einen kleinen Knopf endigen, damit man nur ein sehr kleines Stück derselben einzubinden brauchte. Die Blutgefässe der Leber injicirt man durch die *vena abdominalis anterior*, und zwar beim Laubfrosche mittelst einer sehr feinen gestreckten Canüle. Das Einbinden derselben ist leicht, weil man ein Stück Bauchwand mit in die Schlinge nehmen kann. Uebrigens aber kann man auch die lang konisch ausgezogene Canüle so weit eintreiben, bis sie festsitzt, und dann so lange festhalten, bis die unter sehr geringem Druck erfolgende Injection vorbei ist, was, wenn Alles gut geht, nur einiger Minuten bedarf. Die Canülen macht man sich am besten selbst aus Glas je nach Bedürfniss. Die Gallenwege erfordern einen relativ hohen Druck, der sich aber nicht genauer vorschreiben lässt, weil hier nicht zu berechnende Verhältnisse ins Spiel kommen. Es scheint, dass die Muskulatur des Ausführungsganges durch ihre Contraction das Haupthinderniss der Injection bildet. Um also die Muskulatur zu überwinden, braucht man einen hohen Druck, welcher dann aber, wenn der Weg plötzlich frei wird, zu Extravasaten führt, die übrigens nicht viel schaden. Zu warten, bis die Muskeln abgestorben sind, scheint mir nicht rathsam. Nie gelang es mir, so vollständige Injectionen der Gallenwege zu bekommen, wie bei der Natter.

Die Leberzellenschläuche der Frösche unterscheiden sich von denen der Nattern durch die viel bedeutendere Grösse der Leberzellen und der Zellenkerne, sowie dadurch, dass im Allgemeinen nur vier oder gar drei Zellen einen Leberschlauch auf dem Querschnitte zusammensetzen und den centralen Gallenweg umschliessen. Infolge dessen springt der, im Grunde ebenfalls tubulöse Bau der Froschleber nicht so in die Augen, wie bei der kleinzelligen Natternleber, und die Gallenwege gewinnen ein anderes Aussehen. Sie sind zwar auch drehrund, aber sie verlaufen meist in stumpfwinkligem Zickzack, während die Gallenwege der Natter schwach gewunden verlaufen. Die einzelnen Glieder eines so geknickten Ganges entsprechen in ihrer Länge den Kanten der Leberzellen, welche den Gang umschliessen. An sehr feinen Schnitten überzeugt man sich leicht, dass auch hier die Blutbahnen überall um den Durchmesser

einer Leberzelle von den Gallenwegen abstehen. Nur einmal habe ich beim Laubfrosche gesehen, dass ein Gallenweg nur von zwei Zellen gebildet wurde, d. h. dass er in der Mitte der Scheidewand beider verlief. Ich habe diesen Fall in Fig. 1 abgebildet. Doch will ich die Möglichkeit einer Täuschung nicht völlig ausschliessen. Die Leberzellenschläuche und die Capillaren bilden zwei annähernd rundmaschige, derart durcheinander gesteckte Netze, dass der ganze Raum ausgefüllt wird. Ob die Leberzellenschläuche nur aus Leberzellen bestehen, oder noch von einer, den Capillaren aufliegenden *Membrana propria* umschlossen sind, lasse ich dahingestellt sein; für die morphologische Auffassung ist es irrelevant. Die grossen Zellenkerne liegen sämmtlich an derjenigen Wand der Zellen, welche die Capillaren berührt, und man kann sich daher mit Hilfe der Kerne auch an nicht injicirten Präparaten leicht orientiren.

Die Abbildung Fig. 1 zeigt einige Maschen des Netzes der feinsten Gallenwege vom Laubfrosch. Da die einzelnen Theile der abgebildeten Gänge nicht in einer Ebene liegen, so tritt das Lageverhältniss der Gallenwege zu den Leberzellen nicht so deutlich auf der nicht schematisirten Zeichnung hervor, wie an dem bei wechselnder Einstellung des Mikroskopes betrachteten Präparate.

Hyla arborea, *rana temporaria* und *rana esculenta* verhalten sich im Wesentlichen gleich. Ausser diesen drei Batrachiern habe ich auch noch die Leber von *Salamandra maculata* mit Erfolg injicirt. Die Füllung der Gallenwege erfordert einen relativ hohen Druck, bis zu 60 Millim. Quecksilber, gelang aber öfter als beim Frosche. Die Zellen der Salamanderleber und ihre Kerne sind noch grösser als beim Forsche, die Gallenwege sind ebenfalls deutlich geknickt und verrathen hierdurch die Lage der Kanten der sie umschliessenden Zellen. Oft sieht man um den Querschnitt der drehrunden Gallenwege nur drei Leberzellen gelagert. Die Zellenkerne liegen wie bei der Froschleber. Die Grösse der Zellen relativ zum Durchmesser der Capillaren und der Umstand, dass ihrer nur drei bis vier einen Gallenweg auf dem Querschnitte umschliessen, bringt es mit sich, dass von einem tubulösen Baue dieser Leber eigentlich nur noch nach Analogie die Rede sein kann, nicht aber um ein zutreffendes Bild zu geben. Daher wird erklärlich, dass Hyrtl die injicirten Gallenwege der Batrachierleber als Gänge mit eigener Wandung auffasste, der die Leberzellen nur äusserlich auflägen. Im Uebrigen aber ist sein Vergleich der beiden durcheinander gesteckten

Netze, der Capillaren einerseits und der Gallenwege andererseits, mit einem im Raume ausgebreiteten Gitterwerk von Eisenstäben, durch dessen Lücken ein feines Drahtgitter durchgeflochten ist, ganz treffend, wenn man noch hinzufügt, dass Draht und Eisenstäbe überall um den Durchmesser einer Leberzelle von einander abstehen, sich aber nirgends berühren.

Ausser an den schon erwähnten Reptilien gelang mir die Injection der Gallenwege auch noch sehr schön bei *Coluber flavescens* Gm. und bei *Coluber austriacus (Coronella laevis)*; weniger gut bei *testudo graeca*. Die Leber der letzteren injicirte ich vom *duct. choledochus* aus, wozu ein relativ hoher Druck nöthig war. Die Gallenwege verhielten sich analog denen der Batrachier.

Die Kaninchenleber.

Die Kaninchenleber bietet von den mir in dieser Beziehung bekannten Säugethieren der mikroskopischen Untersuchung der Leber die geringsten Schwierigkeiten, insbesondere wegen der Grösse der Leberzellen und der Weite der intralobularen Gallenwege. Die Injection der letzteren ist überdies so leicht, dass sie bei einiger Uebung nicht wohl fehlschlagen kann. Ich injicirte gewöhnlich die Leber des eben getödteten Thieres, nachdem sie sich durch die geöffnete Lebervene verblutet hatte, zuerst durch den *ductus choledochus* mit in Wasser gelöstem Berlinerblau unter einem Drucke von 20—40 Millim., dann sofort durch die Pfortader mit Carminleim. Die injicirte Leber wurde in Alkohol gehärtet und ein feiner Schnitt mit Glycerin aufgehellt. Ich muss hervorheben, dass die folgenden Angaben sich im Allgemeinen nur auf die so zubereitete Leber beziehen.

Da das Verständniss des Verlaufes der Gallenwege ohne Kenntniss der Anordnung der Blutcapillaren und der Leberzellen nicht möglich ist, so beginne ich mit der Beschreibung der letztern. Man denke sich die Centralvene einer Leberinsel als einen kurzen dicken Stamm, von dessen Oberfläche zahlreiche radialgestellte Zweige nach allen Seiten hin ausstrahlen. Am freien Ende des Stammes (dem Anfange der Centralvene) divergiren diese Zweige wie die Radien

einer Halbkugel, während sie vom übrigem Stamme annähernd senkrecht zur Axe desselben in radialer Richtung abgehen. Alle diese Zweige oder Capillaren verästeln sich wiederholt spitzwinklig dichotomisch, wobei die Aeste wieder vorherrschend die radiale Richtung einhalten. So mehrt sich die Zahl der radialgestellten Capillaren, je weiter wir von der Centralvene zur Peripherie fortschreiten, und zwar liegen diese Capillaren so dicht gedrängt, dass zwischen je zwei benachbarten in querer (tangentialer) Richtung nur eine einzige Zelle Platz hat. Diese vorherrschend radialgestellten Capillaren communiciren ferner untereinander theils dadurch, dass zwei benachbarte unter spitzem Winkel zusammenfliessen, theils durch kurze Queranastomosen, welche bisweilen unter rechtem, meist aber unter schiefem Winkel in die radialen Capillaren einmünden. Diese Anastomosen sind jedoch bei weitem nicht so dicht gestellt, wie die radialen Capillaren, vielmehr liegen sie, wenn man in radialer Richtung fortschreitet, um den Durchmesser mehrerer, und zwar bis zu fünf Zellen auseinander.

Aus dem Gesagten kann man sich leicht die Bilder ableiten, welche man von dem Capillarsystem einer Leberinsel bekommt, wenn man dieselbe in dieser oder jener Richtung durchschneidet.

Auf einem durch den Stamm der Centralvene senkrecht zu dessen Axe geführten Schnitte geben die Capillaren das Bild eines Sternes, dessen mehr oder weniger unregelmässig verlaufende Strahlen sich wiederholt spitzwinklig theilen und durch Queranastomosen mit einander communiciren, so dass ein Netz mit langen Maschen entsteht, deren Längsdurchmesser stets radial gelegen ist. Diese Maschen enthalten immer nur eine einfache Zellenreihe, indem sich, wie gesagt, mehrere und bis zu fünf Zellen in radialer Richtung folgen, ehe wieder eine Anastomose der Capillaren die Reihe unterbricht. Einen solchen Schnitt erhält man leicht, wenn man das Messer nahe der Oberfläche und parallel zu ihr führt.

Auf einem durch die ganze Länge der Centralvene geführten Schnitte erscheinen die Capillaren als annähernd senkrecht vom Stamme nach beiden Seiten abgehende Zweige, die also ihrer Hauptrichtung nach sämmtlich untereinander parallel sind, mit Ausnahme derjenigen, welche vom freien Ende der Centralvene radienartig ausstrahlen, und abgesehen von den queren Anastomosen. Abermals stehen die gestreckten Capillaren überall nur um eine Leberzelle in querer Richtung von einander ab, während die Queranastomosen

relativ ebenso spärlich sind, wie auf dem zuerst beschriebenen Schnitte. Man kann einen längs durch die Centralvene gehenden Schnitt leicht bekommen, wenn man das Messer senkrecht in die Leberoberfläche einführt.

Ein Schnitt, welcher zu einer Anzahl der gestreckten (radialen) Capillaren senkrecht liegt, also die Centralvene gar nicht getroffen hat, zeigt, dass die rundlichen Querschnitte jener Capillaren nach allen Seiten nur um den Raum einer einzigen Leberzelle von ihren Nachbarn abstehen. Man denke sich annähernd quadratische Felder, deren Ecken durch concave Ausschnitte abgestumpft sind, so dass je vier solcher zusammenstossenden Ausschnitte eine kreisförmige Lücke bilden; jede solche Lücke entspricht dem Durchschnitte einer radialen Capillare, jedes der Felder einer Leberzelle. Selbstverständlich deckt dieses Bild nicht genau die Wirklichkeit, insbesondere deshalb nicht, weil häufig die queren Anastomosen der radialen Capillaren mit in den Schnitt fallen, und weil öfters eine Leberzelle nicht an vier, sondern nur an drei Capillarquerschnitte stösst. Ueberdies ist zu bedenken, dass ein ebener Schnitt immer nur wenige radiale Capillaren in senkrechter Richtung treffen kann, alle übrigen aber in mehr und mehr schräger Richtung durchschneiden muss. Letzterer Theil des Schnittes wird also ein Bild geben, welches so zu sagen einen Uebergang bildet von dem Bilde eines genauen Querschnittes zu dem eines genauen Längsschnittes der radialen Capillaren. Nach den Regeln der Wahrscheinlichkeit müssen gerade solche Bilder bei Weitem am häufigsten sein. Es kann hieraus der Irrthum entstehen, dass die Maschen des Capillarnetzes viel kürzer seien, als es wirklich der Fall ist.

Aus dem Gesagten geht zugleich hervor, dass es beim Kaninchen Leberzellenbalken nicht gibt und ebenso wenig Leberzellenschläuche, wie ich sie bei andern Wirbelthierclassen fand, und wie sie von Einigen auch für die Säugethierleber angenommen wurden. Ein richtigeres Bild von der Anordnung der Leberzellen erhält man schon, wenn man sich die Leberinsel als eine solide Zellenmasse denkt, welche von dem langmaschigen Capillarnetz durchbrochen ist, oder wenn man sich die Capillaren als ein Balkenwerk vorstellt, welches von Leberzellen ausgefüllt ist. Letztere können nicht auch ein Balkenwerk vorstellen, weil die Maschen des Capillarnetzes in radialer Richtung viel länger sind, als in tangentialer. Was man gewöhnlich Leberzellenbalken nennt, sind die Zellenreihen, welche

auf feinen Schnitten in die langen Maschen der Capillaren eingeschlossen erscheinen und sich leicht isoliren. Diese Balken sind Kunstproducte, denn sie haben keine natürliche Begrenzung, sondern sind nach oben und unten durch den Schnitt von ihren Nachbarzellen getrennt worden. Sie für präformirt zu halten, ist ebenso falsch, als wenn man die Ringe, in welche der Querschnitt einer Zwiebel zerfällt, für natürliche Formelemente der Zwiebel nehmen wollte. Wenn zwei Balkenwerke derart durcheinander gesteckt sind, dass sie den ganzen Raum ausfüllen, so müssen die Maschen des einen Balkenwerkes dieselbe Form haben, wie die Querschnitte der Balken von andern. So sieht man z. B. bei der Natternleber in jeder Blutgefässmasche den Querschnitt eines Leberzellenschlauches und umgekehrt. In den langgestreckten Capillarmaschen der Kaninchenleber aber sieht man bis zu fünf Zellen hintereinander liegen; wollte man diese für den Querschnitt eines Balkens nehmen, so müsste der Balken nach der einen Richtung vielmal breiter sein, als nach der anderen.

Die Gestalt und Anordnung der Leberzellen möge wieder ein Bild veranschaulichen. Man denke sich ein horizontales, auf der Oberfläche quadratisch abgetheiltes Brett und in jedem Eckpunkte der quadratischen Felder einen verticalen cylindrischen Stab von solcher Dicke eingesetzt, dass die einzelnen Stäbe um wenig mehr als ihren Durchmesser von einander abstehen. Dann denke man sich hohle Kautschukbälle, die so gross sind, dass sie in dem Raume zwischen je vier Stäben nur dann Platz finden, wenn sie etwas eingezwängt werden, so dass jeder Stab eine kurze rinnenartige Einbuchtung an ihnen hervorbringt. Mit solchen Bällen denke man sich den ganzen freien Raum zwischen den Stäben so dicht angefüllt, dass nirgends eine Lücke bleibt. Dann wird jeder Ball erstens vier Einbuchtungen zeigen, die den vier Stäben entsprechen, zwischen denen er eingezwängt liegt; ferner wird er eine Anzahl ebener Flächen zeigen, die dadurch entstanden sind, dass die sich berührenden Bälle sich gegen einander abgeplattet haben. Erstens nämlich wird jeder Ball nach oben und nach unten sich gegen den nächst höheren und nächst tieferen Ball abgeplattet haben; ferner wird er, da er zwischen den Stäben nicht genug Platz hat, nach allen vier Seiten zwischen je zwei Stäben sich hinausdrängen, hierbei aber sich wieder gegen seine seitlichen Nachbarn abplatten müssen, und zwar werden sich die Bälle einer Verticalreihe so an die Bälle jeder Nachbarreihe

anlegen, dass jeder Ball der einen Reihe sich in den Winkel zwischen zwei übereinander liegenden Bälle der Nachbarreihe eindrängt und somit nach allen vier Seiten je eine doppelte Abplattung erfährt. Jeder Ball wird also nach oben und unten hin je eine ebene Fläche, seitlich aber viermal je zwei ebene Flächen, also im Ganzen zehn ebene Flächen haben, mit denen er an zehn Nachbarbällen anliegt. — Durch dieses mit den polyedrischen Bällen vollständig ausgefüllte Balkenwerk denke man sich jetzt einen Horizontalschnitt gelegt, so werden auf dem Schnitte die Bälle als quadratische Felder mit concav ausgeschnittenen Ecken erscheinen, und je vier solche Eckenausschnitte wird der runde Querschnitt eines Stabes ausfüllen. Man denke sich ferner einen Verticalschnitt so gelegt, dass er durch jeden Stab einer ganzen Stabreihe längs hindurch geht, so werden auf dem Schnitte die Bälle in einfachen Reihen erscheinen, welche zwischen den Längsschnitten je zweier Stäbe liegen, und jeder Ball wird auf dem Schnitte die Form eines Rechteckes haben, dessen längere Seiten an den Stäben liegen. Die Breite dieser Rechtecke wird grösser sein, wenn der Verticalschnitt in einer zu den Quadraten des horizontalen Brettes diagonalen Richtung geführt wurde, als wenn er den Seiten jener Quadrate parallel ging. Endlich denke man sich einen Verticalschnitt so geführt, dass er nur Bälle und keinen Stab trifft, so wird jeder Ball als ein mehr oder weniger regelmässiges Sechseck erscheinen und die Contouren sämmtlicher Bälle werden ein Netz mit sechseckigen Maschen darstellen. — Nun lasse man endlich die Stäbe hier und da gekrümmt sein, stellenweise unter spitzem Winkel sich in zwei theilen oder in einen zusammengehen oder durch kurze Querstäbe mit einander verbunden sein, ferner denke man sich nicht alle Bälle gleich gross: so werden sich allerlei Unregelmässigkeiten in der Anordnung und Gestalt der Bälle ergeben, besonders da, wo die Stäbe zusammenlaufen oder quere Verbindungen haben, im Allgemeinen aber wird der Charakter der ganzen Anordnung derselbe bleiben. Setzt man jetzt statt der verticalen Stäbe die radialen Capillaren, statt der Bälle die Leberzellen, so hat man ein zutreffendes Bild von der Anordnung beider.

Die Leberzellen enthalten einen oder zwei Kerne, welche nicht wie bei den früher beschriebenen Thieren oder wie bei anderen Säugethieren wandständig, sondern mehr central zu liegen scheinen. Je zwei sich mit Flächen berührende Zellen sind durch eine Scheide-

wand getrennt, welche im Profile gesehen, je nach der Einstellung des Mikroskopes das Bild einer dunklen einfachen Linie oder einer feinen Doppellinie mit hellem Zwischenraume gibt. Letzteres Bild erhält man besonders dann, wenn das Mikroskop nicht scharf eingestellt ist, oder wenn die Scheidewand nicht im reinen Profil erscheint, sondern etwas schief zur Axe des Mikroskopes gestellt ist. Man darf also eine solche Doppellinie nicht für die Contouren eines engen Canales nehmen, wie dies Mac Gillavry[1]) begegnet ist. Ob diese Scheidewände aus zwei einander dicht anliegenden, durch Zwischensubstanz verkitteten Zellmembranen oder aus einer homogenen Substanz besteht, lasse ich dahingestellt sein. Jedenfalls trennen sich zwei Zellen einer in Alkohol gehärteten Kaninchenleber stets derart, dass das Protoplasma mindestens der einen Zelle von der gemeinsamen Scheidewand abreisst. Hieraus erhellt zugleich, dass die Zellen einer solchen Leber Membranen haben, wenn man die Scheidewände so nennen will, dass sie sich aber nur mit Bruchstücken dieser Membranen isoliren lassen.

Da bei anderen Wirbelthieren die Leberzellen, wie ich zeigte, zweifellos als Drüsenepithel mit demselben Rechte anzusehen sind, wie z. B. die Speichelzellen, so müssen wir auch die Leberzellen des Kaninchens entsprechend auffassen, und es erhebt sich deshalb die schon oft besprochene Frage, ob in der Leber eine *membrana propria* vorkommt, die der bei anderen Absonderungsdrüsen angenommenen analog wäre. Nach dem geschilderten Baue der Kaninchenleber wäre eine solche Membrana nur an den Flächen der Leberzellen annehmbar, welche den Capillaren anliegen, und es liefe deshalb Alles darauf hinaus, zu entscheiden, ob die Blutcapillaren ausser ihrer eigenen Wandung noch eine zweite Scheide haben, die dann das Analogon der *membrana propria* anderer Drüsen wäre. Bei den von mir angewandten Methoden der Untersuchung war von einer isolirbaren Membran nichts zu sehen, und ich gehe daher vorerst auf die ganze Frage nicht weiter ein. Ueberhaupt scheint mir für die morphologische Auffassung der Drüse die Anordnung der Drüsenzellen viel wesentlicher, als das Sein oder Nichtsein der sogenannten *membrana propria*.

In der Mitte der Zellenscheidewände verlaufen die intralobu-

---

1) Zur Anatomie der Leber. Sitzungsbr. der math.-naturw. Cl. der Wiener Akad. 1864. Bd. 50. Abth. II. S. 207.

laren Gallenwege, die ich im Gegensatze zu den interlobularen Ausführungsgängen als die Bildungsgänge der Galle bezeichnen möchte. Dieselben sind im Zustande der Füllung feine drehrunde Canäle von 0.001 bis 0.0025 Millim. Durchmesser. Je stärker der Injectionsdruck war, desto dicker erscheinen sie. Man kann sagen, die scheinbar einfache Zellenscheidewand spalte sich an der Stelle des Ganges in zwei Blätter, die sich sogleich wieder vereinigen; oder die Scheidewand sei an der Stelle des Ganges unterbrochen, und jede der beiden Zellen habe hier eine Rinne oder einen Halbcanal, so dass die beiden Rinnen zusammen einen drehrunden Gang herstellen. Beides entspricht dem mikroskopischen Bilde.

Wie es scheint, liegt in jeder Scheidewand, die Zelle von Zelle scheidet, ein solcher Gang; dagegen fehlen die Gänge entschieden an allen den Zellenflächen, welche den Blutcapillaren anliegen. An den Kanten der Leberzellen sah ich im Innern der Leberinsel nur zweimal einen Gallenweg an Stellen, wo die Leberzellen in abweichender Weise gelagert waren. Es kann das nicht überraschen, da wir bei anderen Wirbelthieren eine solche Lage der Gallenwege als Regel gefunden haben.

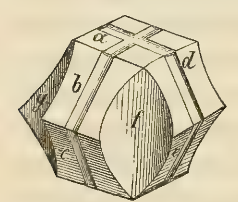
So oft man einen deutlichen Querschnitt eines Gallenweges sieht, liegt derselbe als ein kleiner, scharf umgrenzter Kreis mehr oder weniger genau in der Mitte eines dunklen Striches, welcher von einer Capillare zur nächsten hinübergeht und die Profilansicht einer Zellenscheidewand ist. Nie dagegen erscheint ein Querschnitt eines Ganges in unmittelbarer Berührung mit einer Blutcapillare oder (mit höchst seltener Ausnahme) an Stellen, wo die Kanten oder Ecken dreier Zellen zusammenstossen, d. h. an den Ecken der polygonalen und meist sechseckigen Felder, als welche die Leberzellen auf dickeren Schnitten erscheinen.

Leicht erkennt man nach Injection des Berlinerblau selbst an schlecht gelungenen oder misshandelten Präparaten, ob man einen wirklichen Querschnitt eines Ganges oder nur ein extravasirtes oder abgebröckeltes Theilchen der Injectionsmasse vor sich hat. Denn da man einen Gallenweg nur dann im Querschnitte sieht, wenn er mit seiner Axe keinen oder einen sehr kleinen Winkel mit der Gesichtslinie macht, so geht das Licht längs durch ihn hindurch, und er erscheint deshalb in einem viel dunkleren Blau, als die kleinen Tröpfchen und Bruchstücke der Injectionsmasse, die sich oft im Präparate vorfinden. Am Ueberzeugendsten sind stets diejenigen

Stellen eines Schnittes, an welchem einige der radialen Capillaren quer durchschnitten sind (Fig. 4 und 5). Hier sieht man von dem Querschnitte jeder Capillare zu den Querschnitten ihrer Nachbarn je einen dunklen Strich hinübergehen und in der Mitte jedes Striches den kleinen kreisförmigen Querschnitt eines Gallenweges.

Andrejević[1]) hat zwar angegeben, die intralobularen Gallenwege des Kaninchens seien an den Kanten, die Knotenpunkte der Gänge an den Ecken der Leberzellen gelegen, und er vergleicht sie deshalb mit den Intercellulargängen eines Pflanzenparenchyms; aber er hat keinerlei Beweis dafür beigebracht, sondern lediglich einen Gedanken ausgesprochen, der sich bei Betrachtung relativ dicker Durchschnitte leicht aufdrängt. Ueberdies wird das Folgende lehren, dass der von Andrejević angegebene Verlauf der Gallenwege bei der Art, wie die Leberzellen zwischen den Capillaren angeordnet sind, gar nicht möglich ist.

Die in den Zellenscheidewänden gelegenen Gallenwege hängen derart mit einander zusammen, dass sie ein Netz mit polygonalen Maschen darstellen. Wie dies Netz zu Stande kommt, will ich an einem Modell veranschaulichen. Die Leberzellen haben an den Stellen, wo sie am regelmässigsten gestaltet sind, annähernd die Form, wie sie in beistehender Figur schematisch dargestellt ist. Die ebenen Flächen *a, b, c, d, e* berühren Nachbarzellen, die krummen Flächen *f* und *g* Capillaren. Jeder der an der Figur sichtbaren Flächen des Modelles entspricht je eine diametral entgegengesetzte und völlig gleich geformte Fläche. Die auf den ebenen Flächen *a, b, c, d, e* gezeichneten Rinnen oder Halbcanäle entsprechen den Gallenwegen. Um das ganze Modell läuft also, und zwar in zwei zu einander rechtwinkligen Ebenen je eine aus sechs Theilen bestehende Rinne. Eine Anzahl solcher Modelle lässt sich derart zusammenstellen, dass alle krummen Flächen derselben sich zur Bildung relativ weiter cylindrischer Canäle zusammenfügen, während je zwei ebene Flächen auf einander passen und mit ihren Halbrinnen einen engen Canal bilden. Das Ganze stellt dann eine solide Masse dar, welche theils von weiten parallel laufenden Canälen (den radialen Capillaren),



1) Ueber den feineren Bau der Leber. Sitzungsber. der math.-naturw. Cl. der Wiener Akad. 1861. Bd. 43. Abth. I. S. 379.

theils von einem räumlich ausgebreiteten Netze feiner Gänge (den Gallenwegen) durchzogen ist, das nach zwei zu einander senkrechten Richtungen regelmässige sechseckige Maschen bildet. Freilich gibt die Leber selbst nicht so regelmässige Bilder, und besonders treten stärkere Abweichungen da ein, wo die radialen Capillaren untereinander anastomosiren. An dem Modell ist auch ersichtlich, dass es Zellenscheidewände gibt, die zwei sich kreuzende Gallenwege, oder anders gesagt, einen Knotenpunkt des Gallenwegnetzes enthalten, in welchem vier Gallenwege zusammenfliessen. Dieses Zusammenfliessen findet nun in Wirklichkeit nicht immer so Statt, dass das Bild eines regelmässigen rechtwinkligen Kreuzes entsteht, wie es das Modell zeigt, sondern die einzelnen Schenkel des Kreuzes sind oft sowohl dem Winkel als der Insertion nach gegen einander verschoben. Bisweilen fehlt auch oft so zu sagen ein Schenkel ganz, und vom Knotenpunkte gehen dann nur drei Schenkel aus, welchenfalls dann die bezügliche Zellenscheidewand nicht blos mit den Ecken, sondern auch mit einer Seite eine Capillare berührt. Hat man einen relativ dicken Schnitt gemacht, so sieht man die Gallenwege immer als ein polygonales Netz, dessen Maschen ziemlich regelmässig sechseckig sind, wenn der Schnitt längs durch die radialen Capillaren ging (Fig. 2), am unregelmässigsten aber dann, wenn einige dieser Capillaren quer durchschnitten wurden. Macht man jedoch so feine Schnitte, dass ihre Dicke nur etwa dem grössten Durchmesser einer Leberzelle gleichkommt, so sind die Bilder sehr verschieden. Wenn drei oder mehrere radiale Capillaren gerade längs im Schnitte liegen (Fig. 3), so laufen die Gallenwege auch längs in der Mitte zwischen je zwei Capillaren, diesen scheinbar parallel, und geben stellenweise kurze abgeschnittene Zweige ab. Bei starken Vergrösserungen erkennt man aber, dass die einzelnen, je einer Zellenscheidewand entsprechenden Theile eines solchen scheinbar langgestreckt verlaufenden Ganges nicht in einer geraden liegen, sondern eine wiederholt geknickte Linie darstellen, deren Knickungsstellen abwechselnd höher und tiefer liegen, dass also der ganze Gang aus einzelnen Gliedern besteht, deren jedes einer Zellenscheidewand entspricht.

Ist der Schnitt durch einige radiale Capillaren genau quer hindurchgegangen (Fig. 4 und 5), so sieht man den Querschnitt je einer Capillare in einer Masche eines ziemlich unregelmässig gestalteten Netzes der Gallenwege liegen. Die einzelnen Seiten und Ecken dieser Maschen liegen, wie man bei starken Vergrösserungen erkennt,

nicht in einer Ebene, während auf Schnitten, in denen die Gallenwege die Form eines regelmässigen polygonalen Netzes haben, die einzelnen Seiten einer oder mehrerer benachbarter Maschen immer mehr oder weniger genau in einer und derselben Ebene gelegen sind. Alles dies kann man sich leicht veranschaulichen, wenn man sich eine Anzahl der eben beschriebenen Modelle zusammengesetzt und die so gebildete Masse in verschiedenen Richtungen durchschnitten denkt. Abbildungen relativ dicker Schnitte hat Mac Gillavry (l. c.) gegeben. Sehr feine Schnitte sind immer fragmentarisch; daher eignen sich zur Abbildung immer nur kleine Partien, wie sie die Figg. 2—5 ohne Idealisirung mit allen zufälligen Unregelmässigkeiten darstellen. Fig. 2 ist von einem etwas dickeren Schnitte genommen, als die anderen.

Die Kanten der Leberzellen liegen entweder zu zwei beisammen und dann ihrer ganzen Länge nach an den Blutcapillaren, theils zu drei beisammen und berühren dann die Capillaren nur mit beiden Enden. Es kommen Abweichungen vor, aber jenes ist die Regel. Die Scheidewände, welche je zwei Zellen trennen, sind demgemäss im Allgemeinen quer zwischen den Capillaren ausgespannt und theilen den von den Capillaren freigelassenen Raum in Fächer, deren jedes eine Zelle enthält. Wenn nun, wie Andrejević irrthümlich will, die Gallenwege an den Kanten der Leberzellen verlaufen sollen, und wenn zugleich, wie er richtig angibt, nirgends ein Gallenweg eine Capillare berühren soll, so sind das zwei sich gegenseitig ausschliessende Angaben deshalb, weil es im Allgemeinen keine Zellenkante gibt, die nicht mit den Capillaren in Berührung wäre, entweder ihrer ganzen Länge nach oder wenigstens mit den Enden. Wenn ferner die Knotenpunkte der Gallenwege an den Ecken der Leberzellen liegen sollten, so müssten sie auch an den Capillaren liegen, denn die Ecken der Leberzellen liegen im Allgemeinen sämmtlich an Capillaren. Kurzum die Anordnung der Leberzellen müsste eine völlig andere, und insbesondere müsste die Zahl der Zellen relativ zu der der Capillaren ungleich bedeutender sein, wenn die Anordnung, wie sie Andrejević verlangt, überhaupt möglich sein sollte.

Nachdem, wie gesagt, schon Andrejević die wichtige und durchaus richtige Angabe gemacht hatte, das Gallenwege und Blutbahnen sich nirgends berühren, trat Mac Gillavry dagegen auf. »Man sieht,« sagt er, »überall Blut- und Gallencapillaren sich kreuzen und berühren«; ferner: »das Netz der Blutcapillaren hat grosse,

das der Gallencapillaren kleine Maschen, beide setzen sich durch einander fort, und es bleibt dem Zufalle überlassen, ob die Röhren beider Systeme sich berühren, umstricken oder unabhängig von einander verlaufen«. Dem gegenüber hat Brücke[1]) die Angabe von Andrejević, dass beide Canalsysteme sich nirgends berühren, mit Recht bestätigt. Offenbar hat Mac Gillavry seine Anschauungen entweder auf wenige Präparate gegründet, die zufällig einer richtigen Erkenntniss des Sachverhaltes ungünstig waren, oder er hat mit einem unzureichenden Mikroskop gearbeitet. Dies geht auch daraus hervor, dass er die im Profil gesehenen Zellenscheidewände für Contouren der Gallenwege gehalten hat. Wenn der Schnitt so ausgefallen ist, dass die Gallenwege in Form eines regelmässigen polygonalen Netzes erscheinen, so sieht man allerdings die dunklen einfachen Linien oder die feinen Doppellinien, als welche die Zellenscheidewände sich im Profil darstellen, im Allgemeinen in unmittelbarer Nähe der Gallenwege: entweder aber liegt die dunkle Linie an der Seite eines Gallenweges und fehlt dann auf der andern Seite, oder sie liegt genau auf der Mitte des Ganges oder läuft isolirt neben dem Gange in einiger Entfernung, meist parallel zu ihm, oft aber auch etwas divergirend, oder endlich sie kreuzt sogar unter einem sehr spitzen Winkel den Gallengang. Dies alles beweist schon zur Genüge, dass die Linie nicht der Contour des Gallenweges sein kann. Dazu kommt bei starken Vergrösserungen, dass man eine andere Einstellung des Mikroskopes nöthig hat, um den Gallenweg, eine andere um die Linie scharf zu sehen. Sieht man endlich die Zellenscheidewände von der Fläche, so sind die erwähnten dunklen Linien, welche Mac Gillavry für Contouren der Gallenwege nahm, gar nicht in deren unmittelbarer Nähe sichtbar.

Wenn, wie Mac Gillavry richtig beobachtet hat, das polygonale Netz der gefüllten Gallenwege an der Grenze der Injection sich scheinbar in ein gleichgeformtes Netz leerer Canälchen fortsetzt, so ist dies eben nur scheinbar, und man darf nicht die zarten Doppellinien, in welche die injicirten Gallenwege überzugehen scheinen, für die Contouren leerer Canälchen nehmen. Man hat dann vielmehr nichts weiter vor sich, als das nicht scharfe Profil der Zellenscheidewände, während entweder die Gallenwege wirklich leer und

---

1) Sitzungsber. der math.-naturw. Cl. der Wiener Akad. 1864. Bd. 50, Abth. II. S. 501.

deshalb unsichtbar, oder aber mit einem so äusserst feinen Faden der Injectionsmasse gefüllt sind, dass derselbe nur bei günstigster Beleuchtung und schärfster Einstellung sichtbar wird. Letzternfalls hat dann dieser feine, das enge Lumen der Gallengänge füllende Faden überdies oft einen viel kleineren Durchmesser, als der lichte Zwischenraum zwischen den Doppellinien, welcher angeblich das Lumen des leeren Gallenweges darstellen soll.

Andrejević hatte die Frage, ob die intralobularen Gallenwege eine besondere Membran haben oder nicht, offen gelassen, obwohl er die Membran wahrscheinlich fand. Mac Gillavry wiederholte dagegen die schon von Budge [1]) gemachte Angabe einer besonderen Membran. Budge, welcher zuerst die intralobularen Gänge beim Schafe vollständig injicirt und beschrieben hat, nachdem schon früher Gerlach [2]) ihre Anfänge in der Schweinsleber entdeckt und Henle sie zuweilen bei dem Kaninchen gesehen, jedoch nicht richtig gedeutet hatte, beschrieb die Gänge als doppeltcontourirt; ich zweifle aber nicht, dass er die den Gallenwegen bisweilen enganliegenden Profilansichten der Zellenscheidewände für Contouren der Gallenwege gehalten hat, während ich mir seine fernere Angabe, dass die angebliche Membran der Gallenwege vereinzelte Kerne führe, nicht erklären kann.

Wenn man eine Zellenscheidewand, die einen mit Berlinerblau injicirten Gallenweg enthält, von der Fläche sieht, so zeigt das Stäbchen der blauen Injectionsmasse beiderseits zwar eine scharfe Grenze, aber keinen durch einen dunklen oder hellen Strich besonders ausgeprägten Contour. Ist die Injectionsmasse innerhalb des Ganges zerklüftet, was bei Härtung mit Alcohol leicht vorkommt, ist also der Gang stellenweise leer, so stehen nicht einmal die von einander gewichenen Enden der gerissenen Masse durch deutliche Contouren in Verbindung. In der Contourirung liegt also kein zureichender Grund für die Annahme einer besonderen Membran. Mac Gillavry gibt aber ferner an, dass er durch Zerzupfen dünner Schnitte feine Stäbchen der Injectionsmasse isoliren konnte, die mit einem glashellen Saume begrenzt waren, der an der abgerissenen Stelle kleine Fetzchen zeigte, und Chrzonszczewsky [3]), der die

1) Ueber den Verlauf der Gallengänge. Archiv f. Anat. und Physiol. von Reichert u. Du Bois-Reymond. Jahrg. 1859, S. 642.

2) Gewebelehre. Mainz 1854, S. 332.

3) Zur Anatomie u. Physiol. der Leber. Archiv f. path. Anat. v. Virchow. 1866, Bd. 35. S. 153.

Gallenwege durch natürliche Absonderung von ins Blut gespritztem Indigocarmin sich mit diesem Farbstoffe füllen liess, fand an zerzupften Präparaten »nicht selten isolirte Canälchen mit einer sehr hellen und feinen, aber deutlich contourirten glatten Wand, welche den blauen Niederschlag umgab«. Ich muss hierzu erstens bemerken, dass in den überaus meisten Fällen beim Zerzupfen die Stäbchen der aus Berlinerblau bestehenden Injectionsmasse völlig isolirt herausfielen, wie das auch Andrejević angibt; wenn aber etwas an den Stäbchen hängen blieb, so machte es mir stets den Eindruck von Fetzen der Zellensubstanz oder der Zellenscheidewand. Damit will ich die Befunde der genannten Forscher durchaus nicht anfechten; es mag wohl sein, dass bisweilen die isolirten Stäbchen von einer regelmässiger begrenzten Hülle umschlossen sind; aber dies beweist nichts für das Dasein einer besonderen Wandung, sondern nur, dass in seltenen Fällen die, die Injectionsmasse zunächst umhüllende Schichte der Leberzellsubstanz an dem im übrigen isolirten Stäbchen haften bleibt. Denn selbst wenn diese Schichte die ausgesprochensten Eigenschaften einer isolirbaren Membran zeigte, würde man sie nicht, wie dies die genannten Forscher thun, mit der Membran der Blutcapillaren in Parallele bringen dürfen, sondern als Theile von Leberzellenmembranen aufzufassen haben, weil bei anderen Wirbelthieren die Gallenwege zweifellos nur von den Leberzellen umschlossen werden. Auch in anderen Drüsen fliesst das Secret in einer von den Drüsenzellen umschlossenen Lichtung, mögen nun die Zellen mit isolirbaren Membranen die Lichtung begrenzen oder nicht: niemand aber würde, falls eine die Lichtung umschliessende Membran sich isoliren liesse, diese als Eigenwand des Drüsenganges auffassen, der die Drüsenzellen nur äusserlich auflägen. Ob die Leberzellen an den Stellen, wo sie die Gallenwege begrenzen, eine isolirbare Membran tragen, oder ob nur die scharf begrenzte Zellsubstanz den Gallenweg umschliesst, will ich unentschieden lassen; bemerkenswerth aber ist, dass die Injectionsmasse selbst bei sehr geringem Druck sehr leicht in kleinen oder grösseren Tropfen in die Zellensubstanz eindringt.

Ueberhaupt extravasirt das in die Gallenwege injicirte Berlinerblau sehr leicht. Die Art dieser Extravasation ist von Interesse. Injicirt man unter so geringem Drucke, dass keine Extravasate entstehen, so füllen sich nur die peripherischen Theile des intralobularen Gallenwegnetzes. Bei stärkerem Druck erfolgen zuerst Extra-

vasate in die Zellen, sowohl in die des Epithels der Ausführungsgänge, als in die eigentlichen Leberzellen. Die Injectionsmasse in den interlobularen Gängen erscheint dann in viel dickeren Strängen, unregelmässig contourirt, stellenweise knotig geschwellt, bisweilen mit kleinen, ziemlich regelmässig angeordneten rundlich contourirten Vorsprüngen besetzt, etwa wie die Oberfläche eines Maiskolbens. In die eigentlichen Leberzellen treten zuerst kleine runde Tröpfchen, später grössere unregelmässige Tropfen, bis endlich die ganze Leberzelle als eine blaue Masse erscheint, welche noch die polyedrische Form der Leberzelle bewahrt, wenn auch eine oder die andere der sie begrenzenden Scheidewände convex vorgetrieben ist. Bisweilen liegt eine ganze Gruppe solcher injicirten Zellen wie die Beeren einer Traube beisammen. Weiterhin reissen die Zellenscheidewände ein, und die Masse fliesst in unregelmässige Klumpen zusammen oder ergiesst sich in die Capillaren. Auch die Epithelschicht der Ausführungsgänge wird durchbrochen, und die Masse dringt von da aus in die Blutbahnen. Beidenfalls füllt die Masse grössere oder kleinere Abschnitte des Capillarsystems einer Insel. Sind kurz nachher die Blutgefässe mit rother Masse injicirt worden, so sieht man blaue und rothe Masse innerhalb der Capillaren sich bald mit scharfer Grenze berühren, bald ineinandergeflossen, bald die rothe Masse in die zerbröckelte blaue eingedrungen, oder die eine Masse ein Stück weit von der anderen von einer Seite oder ringsum eingescheidet. In den Centralvenen findet man häufig beide Injectionsmassen neben- und durcheinander liegen, und wenn die Extravasation der blauen Masse sehr stark war, fliesst letztere mit Blut gemischt durch die Lebervene ab.

Mac Gillavry hat angegeben, die Blutcapillaren der Leber würden nicht von den Leberzellen unmittelbar berührt, sondern lägen frei in den von den Leberzellen freigelassenen Canälen, in welchen die Lymphe fliesse und die Capillaren allseitig umspüle. Extravasire die Injectionsmasse aus den Gallenwegen, so ergiesse sie sich in diese Lymphräume und umhülle dann die Capillaren ebenso, wie im Leben die Lymphe. Am Kaninchen habe ich nie etwas gesehen, was auch nur entfernt an ein solches Verhalten erinnert hätte, vielmehr liess sich immer mit grösster Sicherheit darthun, dass das Extravasat in, nicht um die Capillaren erfolgt war. Damit soll nicht gesagt sein, dass man mit anderen Methoden nicht zu einem andern Resultate kommen könne. Auch bemerke ich ausdrücklich, dass ich

die Lymphgefässe der Kaninchenleber nicht injicirt habe, was aber auch Mac Gillavry nicht gethan zu haben scheint. Vielmehr scheint sich seine Annahme einer Einscheidung der Blutcapillaren in die Lymphbahnen nur auf Beobachtungen an der Hundeleber zu gründen, die in manchen Punkten allerdings wesentlich von der Kaninchenleber abweicht. Bei Besprechung der Hundeleber werde ich auf die Lymphgefässe zurückkommen.

Der Uebergang der die Pfortaderäste begleitenden interlobularen Gallenwege oder Ausführungsgänge in die intralobularen oder Bildungswege der Galle erfolgt derart, dass sich die letzteren meist unter annähernd rechtem Winkel von den ersteren abzweigen. Die Lichtung der letzten Ausläufer der interlobularen Gänge ist wenig weiter als die der Bildungswege, sie unterscheiden sich aber von den letzteren auf den ersten Blick dadurch, dass sie nicht von den grossen Leberzellen, sondern von sehr kleinen Pflasterepithelzellen in einfacher Lage umschlossen sind, deren auf dem Querschnitte 3—5 sich durch ihren Kern bemerklich machen. Die sich abzweigenden Bildungsgänge treten entweder zunächst zwischen die Zellen dieses Epithels, an welche sich die Leberzellen, zwischen denen der Gang weiter läuft, unmittelbar anschliessen (Fig. 7), oder die der Leberinsel zugekehrte Wand des interlobularen Ganges wird an der betreffenden Stelle schon selbst von eigentlichen Leberzellen gebildet (Fig. 6 und 8), so dass der sich abzweigende Bildungsgang unmittelbar zwischen diese eintritt. Diejenigen Leberzellen, welche mit den Epithelzellen der Ausführungsgänge in unmittelbarem Contact stehen, sind bisweilen kleiner als die übrigen, und es ist manchmal ganz willkürlich, ob man sie noch als Epithelzellen des Ausführungsganges oder schon als eigentliche Leberzellen bezeichnen will. Bisweilen finden sich auch an einzelnen Stellen der Peripherie einer Leberinsel viele relativ kleine Leberzellen, welche dann in sehr anschaulicher Weise sich als Uebergänge zwischen den kleinen Pflasterepithelzellen und den grossen Leberzellen deuten lassen. Ich kann aber nicht entscheiden, ob nicht vielleicht derartige scheinbare Uebergangsformen sich nur an Lebern finden, die noch im Wachsthum begriffen sind.

Wenn man eine Injection der Gallenwege unter so geringem Drucke macht, dass die Injectionsmasse nur bis in die ersten peripherischen Maschen des Gallenwegnetzes eindringt, so bekommt man an sehr feinen Schnitten gute Bilder des Ueberganges der Ausfüh-

rungsgänge in die Bildungsgänge. Sobald die Füllung des Gallenwegnetzes weiter gegangen ist, sind die interlobularen und die ersten intralobularen Gänge übermässig ausgedehnt, und die Masse ist oft in das Pflasterepithel und in die Leberzellen eingebrochen. Solche Präparate eignen sich dann nur zur Untersuchung der mehr centralen Partien der Leberinsel.

Seit langer Zeit hat man das Bedürfniss gefühlt, den feineren Bau der Säugethierleber mit dem anderer Absonderungsdrüsen in Analogie zu bringen. Alle die verschiedenen Auffassungen, die dies bezweckten, haben mit der meinigen nichts gemein, als die Deutung der Leberzellen, welche auch ich entschieden mit den Epithelzellen anderer Drüsen, also z. B. mit den Speichelzellen in Analogie bringen muss. Spricht man von der Wirbelthierleber im Allgemeinen, so muss man dieselbe allerdings, wie ich an Reptilien schon gezeigt habe, an Fischen und Vögeln noch zu zeigen gedenke, als eine netzförmig angeordnete tubulöse Drüse bezeichnen; die Säugethierleber im Besonderen aber weicht derart ab, dass von einem eigentlich tubulösen Bau gar nichts zu sehen ist. Alle die oft wiederholten Angaben von einem tubulösen Baue der Säugethierleber muss ich als irrig bezeichnen. Die bekannte Abbildung Beales z. B., welche den tubulösen Bau der Schweinsleber demonstriren soll, zeigt mir deutlich, dass ihr ein völlig destruirtes Präparat zu Grunde lag. Die Injectionsmasse ist aus den Gallengängen extravasirt, die Leberzellen sind aus ihrer natürlichen Lage gebracht, und z. Th. sogar zertrümmert. Beale hat auch die Leber kaltblütiger Wirbelthiere untersucht, und dies mag den ausgezeichneten Mikroskopiker verleitet haben, für die Säugethiere analoge Verhältnisse anzunehmen.

Ebenso irrig aber ist die neuerdings aufgestellte Ansicht, nach welcher die Gallenwege ein besonderes Capillarsystem der Leberinsel bilden sollen, welches wie das Blutcapillarsystem eine besondere Membran als Wandung habe, der die Leberzellen nur äusserlich auflägen. Bei diesen Negationen stützte ich mich nicht blos auf die im Vorstehenden mitgetheilte eingehendere Untersuchung der

Kaninchenleber, sondern auf Beobachtungen an der Leber von zehn anderen Säugethieren.

Die Analogie zwischen dem Baue der Leber und anderer Absonderungsdrüsen liegt darin, dass dort wie hier eigene Drüsenzellen die Lichtung der Drüsengänge umschliessen, so dass die letzteren überall durch zwischenliegende Drüsenzellen von den Blutcapillaren geschieden sind. Die Leber unterscheidet sich von den anderen Drüsen in auffallender Weise durch die relativ grosse Berührungsfläche zwischen Blutgefässen und Drüsenepithel. Schon bei den niederen Classen der Wirbelthiere sehen wir jede Leberzelle wenigstens an einer, d. h. der dem Gallenwege abgewendeten Seite mit der Blutbahn in Berührung. Dieser den Capillaren anliegende Theil der Zellenoberfläche ist relativ um so grösser, je weniger Zellen einen Gallenweg umschliessen. Bei der Säugethierleber steht jede Zelle nach mehreren Seiten hin mit dem Capillarsystem in Berührung, hier ist also die gesammte Berührungsfläche zwischen Blutgefässen und Leberparenchym ungleich grösser. Entsprechend ist auch die Zahl der Gallenwege relativ zur Zahl der Leberzellen viel grösser, weil jede Zelle nicht blos nach einer Seite, sondern nach vielen Seiten hin von Gallenwegen umzogen ist. Die gesammten Gallenwege eines Stückes Kaninchenleber würden z. B., wenn wir sie hintereinander in gerader Linie aufreihen könnten, die Gesammtlänge der Gallenwege eines gleich grossen Stückes Froschleber ganz ausserordentlich an Länge übertreffen.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. IV.

Feine mit Glycerin aufgehellte Schnitte in Alcohol gehärteter Lebern nach Injection der Gallenwege mit Berlinerblaulösung, der Pfortader mit Carminleim. Bei 400—500facher Vergrösserung.

Fig. 1 aus der Leber des Laubfrosches.

» 2—8 aus der Kaninchenleber.

Fig. 2 ein dickerer, Fig. 3 ein feinerer, in radialer Richtung durch eine Leberinsel geführter Schnitt. Fig. 4 und 5 Schnitte in tangentialer Richtung. Fig. 6 und 7 vom peripherischen Theile der Leberinsel. Uebergänge der intralobularen Gallenwege oder Bildungsgänge in die interlobularen oder Ausführungsgänge. Fig. 8. Querschnitt eines an einer Interlobularvene gelegenen Gallenweges, welcher einerseits noch von den kleinen Pflasterepithelzellen, andererseits schon von Leberzellen gebildet wird.

GC. intralobulare oder Bildungsgänge der Galle. GG. interlobulare oder Ausführungsgänge der Galle. BC. Blutcapillaren. VP. Aeste der Pfortader.

Ueber das Epithel der Maculae acusticae beim Menschen.

Von

Dr. M. V. Odenius,
Prosector in Lund.

Hierzu Taf. V.

1. Beschaffenheit der nerventragenden Wand.

Utriculus. Wie bekannt nimmt der Utriculus den oberen und den hinteren Theil des Vestibulum in der Weise ein, dass sein oberer resp. hinterer Umfang sich der Krümmung der Knochenwand mehr oder weniger dicht anschmiegt, während seine untere resp. vordere Fläche frei gegen den grossen perilymphatischen Raum gekehrt ist. Die beiden Abtheilungen, in welche der Utriculus zerfällt, nämlich eine vordere breitere und eine hintere mehr röhrenförmige, treten auch an seiner unteren Wand deutlich hervor; man kann somit an ihr einen vorderen breiteren ziemlich ebenen, und einen hinteren schmäleren Theil unterscheiden. Während der letztgenannte Theil dieselbe Beschaffenheit wie die übrige Utricularwand zeigt, fällt der vordere schon durch seine Dicke und Undurchsichtigkeit als etwas Besonderes auf. Sehr deutlich tritt an der unteren Fläche ein von der Nervenausbreitung herrührender weisslich gefärbter Fleck hervor, der pinselförmig nach aussen und hinten ausstrahlt. Die obere Fläche zeigt sich wie leicht ausgehöhlt, indem sie von der Pyramis Vestibuli in einem schwachen Bogen nach hinten abfällt, und trägt die durch ihre gelbliche Färbung leicht kenntliche

Macula acustica. Die Form und Dimensionen der Macula acustica sowie die gröberen Verhältnisse ihrer Nervenausbreitung übersieht man vielleicht am deutlichsten an Präparaten, welche nach der von M. Schultze[1]) angegebenen Methode mit Osmiumsäure behandelt worden sind (Fig. 1). Man findet sie hier ungefähr elliptisch mit der längeren Achse von 2,8—3 Mm. in der Richtung der Pyramis Vestibuli gegen das hintere Ende des Vorhofsfensters gestellt; die kleinere Achse misst ungefähr 2 Mm. Wie schon erwähnt, besitzt die Wand im Bereich der Macula acustica eine bedeutende Dicke, welche indessen nicht allein in der Einlagerung der Nerven, sondern auch in einer grösseren Entwicklung aller übrigen betheiligten Gewebe ihren Grund hat. An der Eintrittsstelle der Nerven beträgt sie bis zu 0,8 Mm., und verdünnt sich von hier allmählig, hauptsächlich nach hinten, aber auch nach den Seiten, so dass sie an der Grenze des Nervenepithels nur 0,06 Mm. misst und bald die gewöhnliche Dicke (0,025 —0,03 Mm.) der Utricularwand annimmt. Ihre untere Fläche zeigt zwar im Allgemeinen denselben Bau wie an der übrigen Utricularwand, ist aber doch darin von ihr verschieden, dass das Gefüge der Elemente viel dichter ist und auch keine Bindegewebsfäden oder Gefässe von ihr abgehen. An Durchschnitten sieht man sie daher ganz scharf und eben, nur hie und da mit kleinen Hervorragungen von oberflächlich gelagerten Kernen. Mit Ausnahme des Theiles, welcher dem Sacculus angehört, habe ich hier ein wirkliches Epithel im gewöhnlichen Sinne nicht finden können, obwohl es manchmal den Anschein eines solchen hat. Die obere Fläche wird von einer hellen homogenen Schicht von ungefähr 0,004—0,005 Mm. Mächtigkeit gebildet und setzt sich scharf gegen das Epithel ab. Die Capillaren treten bis dicht unter diese Schicht heran. Uebrigens findet man diese Wand nicht immer ganz compact, sondern in der Nähe der Eintrittsstelle der Nerven und unter denselben von lockerem netzförmigem Bindegewebe mit nach Aussen sich öffnenden Maschen durchzogen.

Die Nerven sind anfangs zu dicken Bündeln vereinigt, welche

---

1) M. Schultze: Zur Kenntniss der Leuchtorgane von Lampyris splendidula, und M. Schultze und M. Rudneff: Weitere Mittheilungen über die Einwirkung der Ueberosmiumsäure auf thierische Gewebe. Arch. f. mikr. Anat. herausg. v. M. Schultze. Bd. I. 1865. M. Schultze ebendas. Bd. II. p. 270.

in mehreren Lagen dicht über einander liegen, später aber, indem sie nach allen Richtungen ausstrahlen, eine immer dünnere und durchbrochene Schicht bilden, bis sie sich an der Peripherie der Macula in ganz dünne Bündel oder einzelne Fasern auflösen (Fig. 1). An Flächenansichten decken sich daher die Nervenbündel in der Mitte der Macula vollständig, und zeigen erst gegen die Peripherie durch immer grössere Lücken gesonderte und ziemlich genau radial verlaufende Strahlen, welche zuletzt ganz fein und ungefähr in gleicher Linie endigen. In der Ecke unmittelbar hinter der Hauptmasse der Nerven trifft man gewöhnlich ein kleines abgesondert eintretendes Nervenbündel, das in nur wenige mehr gekrümmte Strahlen ausläuft. Von dem oberen Umfange der längslaufenden Nervenbündel lösen sich in kurzen Abständen kleinere Bündel ab, welche in den mehr centralen Theilen unter einem beinahe rechten Winkel, dagegen nach der Peripherie hin unter immer flacheren Bogen sich gegen die obere Fläche wenden. Der Flächenansicht entsprechend sieht man auch an rechtwinklig gegen die ausstrahlenden Nervenbündel geführten Querschnitten die genannten Bündelchen bestimmter und durch grössere Zwischenräume von einander geschieden, als an radialen. Während ihres Aufsteigens gegen die obere Fläche lösen sich die Bündelchen immer mehr auf, indem theils einzelne oder mehrere Primitivfasern sich angrenzenden Bündelchen anschliessen, wodurch ein wahrer Nervenplexus entsteht, theils die Fasern mehr oder weniger nahe an der homogenen Schicht sich nach allen Seiten ausbreiten, um ihren Bezirk des Epithels zu versorgen. Theilungen der markhaltigen Fasern habe ich nie mit Sicherheit beobachtet, obwohl ich fleissig darnach gesucht habe; immerhin müssen sie in den Bündelchen sehr selten sein. In derselben Weise wie es M. Schultze[1]) zuerst in den Ampullen und Otolithensäcken der Fische gezeigt hat, spitzen sich die vereinzelten Primitivfasern endlich ziemlich rasch zu, indem sie ihre Markscheide verlieren, und laufen in einen feinen Faden, den Axencylinder aus. Der bezeichnete Uebergang findet bald unmittelbar unter der homogenen Schicht, bald tiefer unten statt, so dass man hie und da marklose Fäden trifft, die eine relativ weite Strecke durchlaufen müssen, ehe sie die homogene Schicht erreichen. Hier angelangt dringen auch beim Men-

---

1) M. Schultze: Ueber die Endigungsweise des Hörnerven im Labyrinth. Arch. f. Anat., Physiol. etc. Jahrg. 1858.

schen die Achsencylinder, wie M. Schultze[1]) und Reich[2]) bei den genannten Thieren und auch Kölliker[3]) im Vestibulum des Ochsen gefunden, durch die homogene Schicht und treten in das Epithel hinein. Ob eine Theilung der marklosen Fasern, ehe sie die homogene Schicht verlassen haben, vorkommt, darf ich nicht bestimmt angeben, obwohl ich Bilder gesehen, welche dafür zu sprechen schienen. — Die Anordnung der Nerven in Bündeln bringt es mit sich, dass nur noch ein Theil der markhaltigen Fasern mehr senkrecht hinaufsteigen kann, während die übrigen in kürzeren oder weiteren Bogen nach den Seiten sich umbiegen. Auch verliert sich gegen die Oberfläche hin die Scheidung in Bündel immer mehr und die Fasern greifen mannigfach ineinander ein. In kleinerem Massstabe wiederholt sich dasselbe bei den marklosen Fasern, von welchen man somit einige sich bogenförmig mehr oder weniger weit unter der homogenen Schicht hinziehen sieht. Durch dieses Verhalten und besonders wenn zwei Bogen sich in ungefähr derselben Ebene begegnen, bekommt man nicht selten Bilder, die sehr an die von Hartmann[4]) in den Otolithensäcken der Fische beschriebenen Schlingen erinnern.

Sacculus. Obschon der Sacculus in Betreff seiner Lage und seines übrigen Verhaltens in vielen Beziehungen vom Utriculus abweicht, zeigen doch die Macula acustica und die letzte Nervenausbreitung in beiden eine grosse Uebereinstimmung. Von den beiden Wänden, die an dem plattgedrückten Sacculus unterschieden werden können, ist die innere nerventragende vollständig in den Recessus sphaericus eingesenkt und daran befestigt. In der Mitte erreicht sie eine Mächtigkeit bis zu 0,42 Mm. und verdünnt sich allmählig gegen die Peripherie, so dass der Durchschnitt ungefähr die Figur eines Halbmondes zeigt. Die Macula acustica nimmt den grössten Theil der inneren Wand ein und hat ebenfalls hier eine elliptische Gestalt mit der längeren beinahe vertikalen Achse von 2,8—3 Mm.,

---

1) l. c. S. 347.

2) H. Reich: Ueber den feineren Bau des Gehörorgans bei Petromyzon, in A. Eckers Unters. zur Ichthyolog. Freiburg 1857. Kenne ich nur nach Citaten.

3) Kölliker: Handb. d. Gewebelehre. 4. Aufl. 1863. S. 695.

4) R. Hartmann: Die Endigungsweise der Gehörnerven im Labyrinthe der Knochenfische. Arch. f. Anat., Physiol. etc. Jahrg. 1862.

der kürzeren von 1,5—1,6 Mm. Im Utriculus sahen wir die Nerven von einem Punkte aus in eine von beiden Seiten freie Membran ausstrahlen; am Sacculus dagegen, wo die dem Knochen dicht anliegende Wand überall den Nerven Eintrittspunkte bietet, ist demgemäss die Macula cribrosa anders gestaltet, besonders in die Länge gezogen, und gibt folglich die Form der zu ihr gehörigen Macula acustica genauer wieder. An Flächenansichten von Osmiumsäure-Präparaten findet man die schwarze dichte Nervenmasse in der vorderen Hälfte der Wand, beinahe über deren ganze Länge sich erstreckend (Fig. 2). Die nach vorne abgehenden Bündel sind nur kurz, an den Enden sind sie etwas länger und dichterstehend, besonders an dem unteren Ende, doch habe ich ebensowenig wie Hensen[1]) hier Nerven, welche an den Canalis reuniens treten, finden können. Die nach hinten gerichteten Bündel dagegen sind lang und stehen dicht und ziemlich parallel. An Durchschnitten sieht man diesem Verhalten entsprechend die vor der Mitte der Wand in diese eingetretenen Nerven vorne senkrecht oder nur wenig gebogen aufsteigen, hinten dagegen sich mächtig überbiegen und gegen den hinteren Rand sich erstrecken. So viel ich finden konnte, verhalten sich im Uebrigen die Nerven, besonders die gegen die Oberfläche abgehenden secundären Bündel ganz in derselben Weise, wie in der Macula acustica des Utriculus. Ebenso, nur in viel höherem Grade, ist die fragliche Saccularwand in ihrer Dicke von einem netzförmigen weitmaschigen Bindegewebe durchzogen, nämlich an beiden Seiten des Nerveneintritts, zwischen der Nervenausbreitung und der dünnen dichteren Schicht, welche dem Recessus anliegt.

2. Das Epithel

scheint, so viel ich bisher ermitteln konnte, an beiden Maculae acusticae dieselbe Beschaffenheit zu besitzen und zeichnet sich in mehrfacher Beziehung vor der übrigen Epithelialbekleidung der Säcke aus. Durchschnitte zeigen wie das niedrige Plattenepithel der Sackwände gegen die Macula hin allmählig sich verdickt, indem die einzelnen Elemente immer höher werden, und zuletzt ein deutliches, aus hellen dicken, an beiden Enden abgeplatteten und mit grossem rundlichem Kerne versehenen Zellen bestehendes Cylinderepithel

1) V. Hensen: Zur Morphologie der Schnecke des Menschen und der Säugethiere. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. 13. 1863. S. 491.

darstellt. An diese Zellen schliesst sich unmittelbar und ohne Zwischenformen das Nervenepithel der Macula in der Weise an, dass seine äussersten Zellenreihen noch eine kurze Strecke in derselben Flucht an Höhe zunehmen, um dann über die ganze Macula dieselbe Höhe von 0,030—0,035 Mm. zu behalten. Von der Oberfläche gesehen zeigt sich indessen, dass die Grenze keine grade Linie bildet, sondern die beiden Epithelarten sich mannigfach zwischen einander einschieben. Was das Nervenepithel besonders charakterisirt, sind der gelbliche körnige Inhalt wenigstens eines grossen Theils seiner Elemente, wodurch das Ganze ziemlich undurchsichtig wird, und die Haare, welche überall von seiner Fläche hervorragen.

Im frischen Zustande sind die das Epithel zusammensetzenden Elemente nicht zu unterscheiden und man muss sie daher durch künstliche Mittel zu isoliren suchen. Dass sie dabei vielerlei Veränderungen erleiden, ist unzweifelhaft, indessen glaube ich nicht, dass diese Veränderungen so bedeutend sind, dass sie keinen Rückschluss auf das natürliche Verhalten gestatten, insbesondere als die durch verschiedene Reagentien erhaltenen Formen so sehr mit einander übereinstimmen. Fig. 6 habe ich eine Anzahl von isolirten Epithelialelementen in ihren gewöhnlichsten und meist charakteristischen Formen, wie sie durch Behandlung mit verschiedenen Flüssigkeiten erhalten sind, so getreu wie möglich abgebildet. Aus derselben erhellt zugleich, dass, obwohl die Kerne in sehr verschiedener Höhe stehen, doch sämmtliche Elemente die ganze Höhe des Epithels durchdringen und dasselbe als einschichtig zu bezeichnen ist.

Von den Otolithensäcken der Fische beschreibt M. Schultze[1]) bekanntlich an der Macula drei Arten von Epithelialgebilden, nämlich die Cylinderepithelialzellen »mit rundem Querschnitt, grossem runden Kern und nach der Erhärtung stark körnigem Inhalt«, die sehr viel zahlreicheren kleinen Fadenzellen »mit zwei feinen Ausläufern, einem peripherischen etwas dickeren und einem centralen verschwindend feinen«, und endlich in wechselnder Menge die Basalzellen »mit abgestutztem, dem Bindegewebe aufruhenden centralen und zugespitztem peripherischen, zwischen den übrigen Elementen verschwindenden Fortsatze«. Vom Vestibulum der Säugethiere (Ochsen) gibt auch Kölliker[2]) zweierlei Elemente an, die

1) l. c. S. 356.
2) l. c. S. 695.

den beiden ersten Arten Schultze's zu entsprechen scheinen. In den Maculae acusticae des Menschen lassen sich, wie ich glaube, die von M. Schultze angegebenen dreierlei Formen der Epithelialelemente, wenn auch etwas modificirt, erkennen. Durchmustert man nämlich die hier vorkommenden Zellenformen etwas genauer, so findet man solche, die eine ganz regelmässige Cylindergestalt zeigen mit höher oder tiefer stehendem Kerne und nach unten abgerundet oder zugespitzt endend. Andere wieder haben einen kürzeren Körper mit dem Kerne am unteren Ende und laufen in einen oder mehrere Fäden aus, welche sich oft verzweigen oder dreieckig abgestutzt enden. Andere Zellen endlich sind Sanduhr-ähnlich mit dem Kerne in der unteren Abtheilung; ihr Extrem zeigt diese letzte Form in den Fällen, wo das Verbindungsstück sehr lang und dünn wird, so dass die untere Anschwellung nur den Kern umschliesst. Der nach Einwirkung von Reagentien stark körnige Zelleninhalt ist entweder mehr gleichmässig über den ganzen Zellenkörper vertheilt oder häuft sich bei der letztgenannten Form in den oberen Abschnitt der Zelle an, während der untere den Kern einschliessende Theil und das Verbindungsstück ein homogenes etwas glänzendes Aussehen zeigen. Die genannten Formen mit ihren vielen Uebergängen zeigen indessen alle das Gemeinschaftliche, dass ihr oberer, an die Oberfläche stossender Abschnitt, wie verschieden auch seine Höhe sein mag, doch immer ungefähr denselben horizontalen Durchmesser besitzt, und folglich diese Zellen einen gleichen Antheil an der Bildung der Epitheloberfläche nehmen. Sie sind somit wahrscheinlich alle als eigentliche Epithelzellen den Schultze'schen Cylinderzellen äquivalent zu betrachten, und ihre Formverschiedenheiten lassen sich, wie schon erwähnt, gewiss zum Theil auf den Einfluss der Reagentien beziehen, wodurch der Zelleninhalt sich entweder ungleichmässig zusammengezogen hat oder theilweise herausgetrieben worden ist, wie man ja in den meisten Fällen an der Oberfläche des Epithels Klümpchen von ausgetretener Inhaltsmasse beobachtet. Andererseits scheint doch der Umstand, dass dieselben Formen nicht nur nach Erhärtung in Holzessig oder Chromsäure, sondern auch nach Maceration in Jodserum, obwohl nicht ganz so deutlich markirt, zum Vorschein kommen, darauf hinzudeuten, dass sie nicht durchgehends als Kunstproducte zu betrachten, sondern wirklich in der Natur vorgebildet und nur durch die genannten Reagentien mehr oder weniger verzerrt worden sind. Eine wei-

tere Stütze könnte diese Ansicht noch in der oben erwähnten Thatsache finden, dass die Kerne in so verschiedener Höhe gestellt sind.

Weiter findet sich im Epithel der Maculae, obschon sparsamer, eine Zellenform, die sich dadurch auszeichnet, dass ihr kleiner, grösstentheils von dem Kerne eingenommener Körper mit seinem unteren kurzen quer abgestutzten oder zerfaserten Ende der homogenen Schicht mehr oder weniger dicht anliegt und nach oben in einen langen ziemlich dünnen Fortsatz ausläuft, der an der Oberfläche des Epithels leicht verdickt und gewöhnlich etwas körnig endet. Diese Zellen stimmen somit in mehreren Beziehungen mit den von M. Schultze erwähnten Basalzellen überein; der hauptsächlichste Unterschied ist, dass der peripherische Fortsatz nicht zwischen den übrigen Elementen verschwindet, sondern bis an die Oberfläche reicht. Man darf sich indessen nicht verhehlen, dass auch eine andere Deutung möglich ist, insoferne nämlich diese Zellen den am meisten ausgezogenen Cylinderzellen sehr ähneln, nur bedeutend schmäler an ihrem peripherischem Ende sind, und man annehmen könnte, dass hier durch eine noch weiter getriebene Zusammenziehung oder Entleerung des Zelleninhaltes die mehr gleichförmige Dünnheit des peripherischen Theiles hervorgebracht wäre. Von grösserem Belange scheint diese Frage jedenfalls nicht zu sein, da es kaum zu vermuthen ist, dass irgend eins der bisher betrachteten Epithelialgebilde mit den Nerven in Verbindung stehe.

Eine dritte Art von Epithelialgebilden finden wir in Form von langgestreckten schmalen Spindeln, welche nach beiden Enden, central gewöhnlich rascher, peripherisch mehr allmählig in dünne einfache Fortsätze übergehen. Nach Erhärtung in Chromsäure und besonders in Holzessig treten diese Gebilde durch ihren Glanz scharf hervor und machen hier bei ihrem oft geschlängelten Verlauf eher den Eindruck einer einfachen Anschwellung eines Fadens, als den einer selbständigen Bildung. Bei Maceration in Jodserum beobachtet man sie noch während der ersten Tage in der beschriebenen Gestalt, nur im Körper wie in den Fortsätzen etwas dicker; bei weiter fortgeschrittener Maceration aber, wo die übrigen Elemente sich vollständig isoliren, scheinen sie entweder ebenso wie die Haare zu verschwinden, oder sie werden in der Weise verändert, dass sie sich nicht wohl von anderen ähnlichen Bildungen unterscheiden lassen. Durch die Spindelform und die beiden entgegenstehenden Fortsätze zeigen die fraglichen Gebilde eine grosse Aehnlichkeit mit den

Schultze'schen Fadenzellen; sind sie aber auch wie diese mit einem Kerne versehen? An Holzessigpräparaten wenigstens, wo doch die Kerne der übrigen Elemente deutlich und körnig hervortreten, habe ich nie mit Sicherheit einen Kern beobachtet, sondern den Körper wie die Fortsätze gleichmässig homogen und glänzend ohne alle Körner gefunden. An Chromsäurepräparaten haben sie ungefähr dasselbe Aussehen, doch sieht man hier nicht selten den Körper durch eine feine Linie von den Fortsätzen geschieden, was vielleicht auf die Anwesenheit eines Kerns zu beziehen wäre. Ebenso ist es mir bei Anwendung von Jodserum zweifelhaft geblieben, ob diese Gebilde wirklich mit einem Kerne versehen sind oder nicht.

Wie vorher erwähnt steigen von der ganzen Oberfläche des Epithels kurze starre dichtstehende Haare empor, offenbar ähnlich den von M. Schultze bei den Plagiostomen entdeckten und mit dem Namen der Hörhärchen[1]) belegten Gebilde. Ihre Form und Länge beim Menschen genau anzugeben ist natürlich mit nicht geringen Schwierigkeiten verbunden, indessen mag es wohl erlaubt sein, das Verhalten bei den Säugethieren in Betracht zu ziehen. Bei diesen (Hund und Katze) hat schon M. Schultze[2]) Härchen angegeben, und Kölliker[3]) erwähnt hier ebenfalls »steife, dickere, kegelförmige Borsten (vielleicht Büschel von Härchen).« Beim Kalbe sind sie frisch untersucht vollkommen durchsichtig, gerade, an der Basis von noch messbarer Breite, und verjüngen sich von hier gleichmässig, bis sie schliesslich nicht weiter zu verfolgen sind. In Chromsäure erhärtete menschliche Maculae geben im Ganzen dasselbe Bild, nur werden die Haare dadurch sehr brüchig, so dass es kaum gelingt, eine unverletzte Spitze zu sehen. Auf die Dauer conservirt Holzessig vielleicht noch am Besten die Haare, aber sie schrumpfen dabei gern etwas zusammen, werden kürzer und dicker, gewöhnlich zugleich etwas gekrümmt, wodurch sie ein pfriemenähnliches Aussehen bekommen. Die bei den Fig. 6 h und 1 abgebildeten Haare von 0,022 und 0,27 Mm., die längsten, welche ich bisher getroffen, stammen indessen von einem Holzessigpräparat. — In Betreff der Gebilde, welche die Haare tragen, ist zuerst an einen Umstand zu erinnern, welcher der Entscheidung dieser Frage be-

1) Untersuchungen über den Bau der Nasenschleimhaut. Halle 1862. S. 9.
2) Müller's Archiv. 1858. S. 371.
3) l. c. S. 695.

sonders hinderlich entgegen tritt, nämlich der feste Zusammenhang der Elemente an der Oberfläche des Epithels, welcher Zusammenhang nicht in den genannten, die Haare conservirenden Flüssigkeiten aufgehoben wird. Bei Isolirungsversuchen werden dadurch nicht nur die Haare meistenfalls abgebrochen, sondern bleiben auch leicht an Elementen haften, denen sie in der That nicht zukommen. Diesem letztgenannten Umstande ist es gewiss zuzuschreiben, dass dann und wann einzelne deutliche Cylinderzellen angetroffen werden, an deren oberem Ende ein Haar aufsitzt, denn besonders an schrägen Flächenansichten sieht man gut, dass die Haare zwischen den Cylinderzellen hervortreten. Eher als an Zerzupfungspräparaten dürfte man daher hoffen, die Verbindung der Haare an dünnen Querschnitten von erhärteten Maculae zur Ansicht zu bekommen. An solchen scheinen nun die Haare von dem peripherischen Fortsatze oder Ende der spindelförmigen Körper hervorzugehen, obschon das erwähnte Zusammenkleben der Elemente gerade an der entscheidenden Stelle eine sichere Beobachtung sehr misslich macht. Ich habe indessen einigemal in hinreichender Menge isolirte Elemente von der Fig. 6 g, h und l abgebildeten Form erhalten, wo ein Zusammenhang mit dem Haare unzweifelhaft vorliegt. Die Verbindungsstelle sieht man von einer kleinen, oft unregelmässig begrenzten Scheide umgeben, die kaum etwas anderes als ein losgerissenes Stück der zusammenhängenden Epithelialoberfläche sein kann. Uebrigens ist, wie andere Bilder zeigen, der Uebergang von dem peripherischen Ende der Spindel in das Haar kein ganz allmähliger, sondern wird durch eine schwache Einschnürung markirt.

Die Nerven haben wir schon als marklose Fasern durch die homogene Schicht bis in das Epithel hinein verfolgt. In den Otolithensäcken der Fische senken sich die Axencylinder in das Epithel ein und zerfallen zwischen den Elementen desselben in eine grosse Zahl feiner Fäserchen. Erst nach wiederholter Theilung und äusserster Verfeinerung entziehen sie sich der weiteren Beobachtung[1]). Auch vom Utriculus des Ochsen bildet Kölliker nach einem Chromsäurepräparate sich theilende Axencylinder im Epithel ab. Mit diesem letzteren scheint das Verhalten beim Menschen am ehesten übereinzustimmen, denn bisher habe ich mit Sicherheit nur eine dichotomische Theilung der Axencylinder beobachtet, auch nicht

1) M. Schultze: l. c. S. 357.

hier eine solche äusserste Verfeinerung der Fasern oder deren Zweige wahrnehmen können, wie es bei den Fischen der Fall ist. Eine Verbindung zwischen den Axencylindern und Epithelialelementen vollkommen isolirt darzustellen, ist mir nicht gelungen, doch habe ich eine solche sowohl beim Menschen wie beim Kalbe an dünnen Querschnitten von Chrom- und Osmiumsäurepräparaten mit ganzem oder theilweise entferntem Epithel mehrmals beobachtet. Der Umstand indessen, dass die fragliche Verbindung nicht in isolirtem Zustande demonstrirt ist, lässt immerhin Zweifel aufkommen, wenn es gilt die Frage zu beantworten, welche von den verschiedenen Epithelialgebilden diese Verbindung eingehen. Auf diesen Umstand muss daher Rücksicht genommen werden, wenn ich die Vermuthung äussere, dass es die spindelförmigen Körper sind, welche hier allein in Betracht kommen können. Dieselbe wird durch mehrere wichtige Gründe und Beobachtungen gestützt. Nicht nur dass die übrigen Epithelialelemente durch ihr im Allgemeinen verzweigtes oder quer abgestutztes unteres Ende einen Zusammenhang mit den Nerven höchst unwahrscheinlich machen, sondern auch directe hier einschlagende Beobachtungen liegen vor. Um hier nicht die Untersuchungen Reich's an Petromyzon besonders hervorzuheben, welche den Uebergang der Nerven in zellige Epithelialgebilde und weiter in Haare behaupten, hat M. Schultze für die Fische gewichtige Gründe dafür vorgebracht, dass die Fadenzellen die gesuchten Endgebilde der Nerven seien. F. E. Schulze[1]) hat nicht nur in den Otolithensäcken junger Fische die Haare bestätigt, sondern in den Ampullen auch den directen Zusammenhang markloser Nervenfasern mit Haaren gesehen. Die Haare in den Ampullen von jungen Fischen und Tritonen kommen nach ihm zwischen den Cylinderepithelzellen hervor. Neulich beschreibt und zeichnet auch Hasse[2]) aus der Lagena der Vögel eine Verbindung der Nerven mit »Stäbchenzellen«, welche einen feinen haarförmigen Fortsatz tragen. Ein directer Zusammenhang zwischen den Nerven und Haaren, vermittelt durch

---

1) F. E. Schulze: Zur Kenntniss der Endigungsweise des Hörnerven bei Fischen und Amphibien. Arch. für Anat., Physiol. etc. Jahrg. 1862. Vgl. in Betreff dieser Beobachtungen V. Hensen: Studien über das Gehörorgan der Decapoden. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. 13. 1863. S. 393.

2) C. Hasse: Die Schnecke der Vögel. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. 17. 1867.

zellige Gebilde oder wenigstens Anschwellungen, welche zwischen den anderen rein epithelialen Elementen liegen, scheint somit im Gehörorgane der Fische und Vögel erwiesen und bei den nackten Amphibien sehr wahrscheinlich gemacht zu sein. Das Fehlen eines solchen Zwischengebildes bei den von F. E. Schulze untersuchten Fischen findet eine wahrscheinliche Erklärung in dem noch ganz jungen Zustande der Thiere. Nach dem was M. Schultze und Kölliker vom Vestibulum der Säugethiere angegeben, zusammengehalten mit der oben gegebenen Darstellung von den Verhältnissen in den Vestibularsäcken des Menschen, stellt sich auch für diese Thierclasse ein analoges Verhalten immer deutlicher und sicherer heraus[1]).

Im Bereich der Macula acustica lässt sich nach Henle[2]) durch Behandlung mit Kalilauge eine einfache Lage grösserer Zellen (von 0,016 Mm. Durchmesser) darstellen. Besonders deutlich an Osmiumsäure-Präparaten habe ich bei Flächenansichten in dem noch durchsichtigen peripherischen Theile der Macula Gebilde gesehen, welche zwar in ihrem Durchmesser (von 0,015—0,025 Mm.) den von Henle erwähnten Zellen ziemlich entsprechen, deren Bedeutung aber mir unklar geblieben ist. Sie treten erst bei tieferer Focaleinstellung deutlich hervor und zeigen sich dann als helle Kreise, welche durch eine ein- oder mehrfache Reihe dunkler, kleinerer Gebilde von ungefähr dem Durchmesser der Cylinderzellen umgeben und von den angrenzenden Kreisen geschieden werden. Oft sieht man sie ganz leer, in anderen Fällen in der Mitte ein dunkles Gebilde. Die Ansicht hat somit eine gewisse Aehnlichkeit mit der von M. Schultze[3]) abgebildeten Flächenansicht »der Nervenleiste aus dem grossen Otolithensack vom Hecht, abwechselnd die Enden der Cylinderzellen und der Fadenzellen zeigend.« Doch passen, wie der angegebene Durchmesser und ein Vergleich mit den Cylinderzellen zeigen, die Grössenverhältnisse nicht. Dazu kommt noch der Umstand,

---

1) In Betreff der Ampullen des Menschen bemerke ich beiläufig, dass man dort ebenfalls die Oberfläche der Cristae acusticae von Haaren überragt findet, welche nach Holzessig- und Chromsäurepräparaten zu schliessen, ungefähr dieselbe Beschaffenheit und Grösse wie an den Maculae besitzen.

2) Henle, Handb. d. systemat. Anatomie des Menschen. Bd. 2, 1866, S. 776.

3) l. c. Fig. 14.

dass man bei weniger tiefer Focaleinstellung die Oberfläche des Epithels gleichmässig von den polygonalen Endflächen der Cylinderzellen gebildet findet. Die fraglichen Gebilde müssen folglich tiefer liegen, und am ehesten möchte ich sie in Zusammenhang bringen mit den grossen, wie Blasen oder Hohlräume aussehenden Bildungen, die man überall an Querschnitten von Holzessigpräparaten in der Dicke des Epithels sieht.

Ueber das Verhalten der Otolithen kann ich nichts besonderes angeben. Die bei dem Herauspräpariren nicht zu umgehende Erschütterung bringt es nothwendig mit sich, dass die kleinen Krystalle aus ihrer Lage kommen. So habe ich beim Kalb die bekannte regelmässige Hufeisenform der Otolithenmasse im Sacculus oft genug beobachtet, und auch beim Menschen gelingt es nicht selten am geöffneten Vestibulum eine Andeutung von der sicher stattfindenden regelmässigen Gruppirung der Otolithenkrystalle zu sehen, aber bei dem Versuche, die betreffenden Theile herauszunehmen, fliessen sie immer vollständig zusammen. Es müsste daher erst eine Methode ausfindig gemacht werden, die Otolithenkrystalle zu fixiren, was vielleicht noch am ehesten durch Alkohol gelingen würde. Das einzige was ich in der fraglichen Beziehung bemerken kann, beschränkt sich darauf, dass ich im Utriculus zusammen mit einem häutigen Wesen grosse Mengen Otolithenkrystalle von der Macula abheben konnte, und dass ich hier eine eigenthümlich aussehende Membran gefunden, welche sich über die ganze Macula auszubreiten scheint, und wahrscheinlich mit der von Deiters, Lang etc. erwähnten »gefensterten Membran« identisch ist.

Die angewandten Untersuchungsmethoden sind schon grösstentheils an den betreffenden Stellen berührt worden. Nur will ich noch erwähnen, dass bei Maceration in Jodserum [1]) die vollständige Isolirung der Epithelialelemente erst nach vier Tagen oder mehr eintritt. Die von Cohnheim [2]) angegebene Goldchloridfärbung, mit deren Hülfe es vielleicht noch gelingt die Hauptfrage, über die Endigungsweise der Nerven, zu lösen, habe ich zwar mehrmals benutzt, ohne doch bisher von derselben besondere Resultate zu erhalten.

---

1) Max Schultze: Die Anwendung mit Jod conservirter thierischer Flüssigkeiten etc. Virch. Arch. Bd. 30, 1864.

2) Centralblatt für die medicin. Wissenschaften 1866.

Ehe ich diese Untersuchung, die mich anderweitige Beschäftigung hier zu unterbrechen nöthigt, abschliesse, erlaube ich mir noch Herrn Professor Dr. Max Schultze meinen innigsten Dank auszusprechen für die freundschaftliche und liberale Unterstützung, welche er mir bei dieser Arbeit wie früher zu Theil werden liess.

Mit Bezug auf die gröberen Verhältnisse der Vorhofssäckchen, sofern sie nicht schon in dem Vorhergehenden enthalten sind, erlaube ich mir hier noch einige Bemerkungen hinzuzufügen [1]). Durch die neueren Untersuchungen ist in Betreff des häutigen Schneckenrohres erwiesen worden, dass die an die perilymphatischen Räume, die Treppengänge, stossenden Theile der Wandung durch ihre Befestigung an dem Knochengehäuse allseitig mehr oder weniger straff ausgespannt sind. Von den beiden Säckchen dagegen scheint immer noch die Ansicht am meisten verbreitet zu sein, dass sie von der Endolymphe umgeben, mehr lose in den resp. Abtheilungen des knöchernen Labyrinthes liegen. In ihrer Lage sollen sie hauptsächlich durch die Nerven und weiter durch die in allen Richtungen an das Vestibularperiost hinübertretenden Bindegewebsfäden und Gefässe befestigt werden. Eine nähere Untersuchung dieser Theile zeigt indessen, wie ich glaube, deutlich dass sie, wenigstens so weit es die nerventragenden Abschnitte der Wände, die Maculae acusticae gilt, unmittelbar an den Vorhofswänden befestigt sind und dadurch gespannt erhalten werden.

Vom Utriculus ist im Vorgehenden schon erwähnt, dass er nicht nur den eigentlichen Recessus ellipticus, sondern das ganze Gewölbe des Vorhofs einnimmt, von der Pyramis bis zur hinteren Ampulle, und folglich in seinem vorderen Theile ziemlich horizontal liegt, mit dem hinteren schief nach unten und hinten abfällt. Der gegen die Knochenwand gekehrte Theil seiner Wandung ist dieser entsprechend gekrümmt und mag daher als die gewölbte oder obere Wand bezeichnet werden, den übrigen freien und beinahe ebenen Theil, der den Boden des Utriculus bildet, können wir die ebene, freie oder untere Wand nennen. Projiciren wir an der Vorhofswand

---

1) Im Auszug nach einem Aufsatz: Form und Lage der Vorhofssäckchen im Ohre des Menschen. In den Acta Universtatis Lundensis, Jahrg. 3.

die Linie, in welcher die beiden Wände zusammenstossen, so haben wir damit die untere Grenze des vom Utriculus eingenommenen Vorhofsabschnittes bezeichnet. An der medialen Vorhofswand folgt diese Linie der Crista Vestibuli und ihrem hinteren Schenkel [1]). An der lateralen Wand zieht sie sich von der Pyramis längs des oberen Umfanges des Vorhofsfensters — ungefähr $^1/_2$ Mm. davon entfernt, indem sie dem oberen Rande der schmalen umgebenden Knochenleiste folgt — zum hinteren Ende desselben, wo man oft ein kleines Grübchen oder sonstiges Vestigium adhaesionis findet, und von hier unter der hinteren Mündung des äusseren Bogenganges zurück zur knöchernen Crista der hinteren Ampulle. Die Befestigung des Utriculus geschieht theils von der Macula cribrosa aus durch die von reichlichem lockerem Bindegewebe umgebenen Nerven, theils durch die vom Vestibularperioste zu der ganzen oberen Wand hinübertretenden Bindegewebsfäden und Gefässe. Weiter wird aber der Utriculus dadurch am Vestibulum befestigt, dass seine Wandung längs des grössten Theiles der gedachten Grenzlinie mit dem Vestibularperioste direct sich verbindet, und zwar in der Weise, dass die betheiligten Gebilde gegen die freie untere Fläche hin sich immer fester aneinander schliessen, so dass sie hier vollkommen zusammenzufliessen scheinen. Indessen will ich nicht behaupten, dass diese Verbindung überall eine vollständig geschlossene sei, denn an mehreren Stellen habe ich gesehen, dass sie nur aus einem netzförmigen Bindegewebe mit zwar dichten aber offenen Maschen hergestellt wird, was ja auch in voller Uebereinstimmung mit der Entwickelung der perilymphatischen Räume steht. Die fragliche Verbindung findet nun statt längs der ganzen medialen Wand, an der lateralen Wand dagegen nur von der Pyramis zum hinteren Ende des Vorhofsfensters, wo sie besonders fest zu sein scheint. Hinter dem letztgenannten Punkte zieht sich der laterale Umfang des Utriculus nach einwärts, wodurch er sich von der Knochenwand entfernt und eine Oeffnung zwischen diesen Theilen gebildet wird, welche sich mehr oder weniger nahe an die hintere Ampulle erstreckt. Da zugleich das hintere Ende dieser Oeffnung niedriger steht, so erscheint der sie begrenzende Theil des Utriculus bogenförmig. Im Gegensatz zu den beiden

1) Conf. Reichert: Beitrag zur feineren Anatomie der Gehörschnecke des Menschen u. d. Säugethiere. Abh. d. Königl. Akad. d. Wissensch. zu Berlin, 1864.

anderen häutigen Ampullen mündet die hintere durch ein dünnes beiläufig ein Mm. langes Zwischenstück oder Hals in das hintere Ende des Utriculus ein, und da dieses Ende des Utriculus gewöhnlich nicht ganz bis zur Crista der hinteren Ampulle reicht, so kommt der häutige Ampullenhals noch in die Vorhofscavität, gleichsam als ein hinterer Fortsatz des Utriculus zu liegen. Zu beiden Seiten des Ampullenhalses streckt sich nun auch eine dünne membranöse Ausbreitung nach der Crista der hinteren Ampulle und der gegenüberliegenden Vorhofswand, wodurch auf einmal der Ampullenhals eine Stütze erhält und der untere Vestibularraum nach hinten abgeschlossen wird.

Wie oben angedeutet, lassen sich am Utriculus zwei Abtheilungen von ziemlich derselben Länge aber sonst sehr verschiedener Form unterscheiden. Die vordere breitere und geräumigere Abtheilung birgt den Nervenapparat, und reicht ungefähr zum hinteren Ende des Vorhofsfensters. Durch die oben angezeigte Befestigung am Vestibulum wird somit ihre untere, die Macula acustica tragende Wand unverrückbar und fest ausgespannt erhalten. Die hintere schmälere röhrenförmige Abtheilung fängt mit der erwähnten Einziehung der lateralen Utricularwandung an, und ist lange nicht so vollständig befestigt wie die andere. Die gegebene Darstellung der Lücke, welche an dieser Stelle den Utriculus von der Vorhofswand trennt, so wie überhaupt der Befestigung des hinteren Endes des Utriculus möchte ich nur als die allgemeinste oder normale bezeichnen, denn es kommen hier zahlreiche, vielleicht zum Theil pathologische oder auf Altersveränderungen beruhende Variationen vor. Die Oeffnung selbst kann sich weiter nach hinten erstrecken, nicht selten trifft man auch an der einen oder an beiden Seiten des hinteren Ampullenhalses Lücken, welche gewöhnlich nach oben spitz und von einigen Fäden überspannt sind. Ob die fragliche Lücke auch im früheren Alter sich vorfindet, habe ich keine Gelegenheit gehabt näher zu untersuchen [1]).

Im Sacculus haben wir oben zwei Wände unterschieden, von

1) In der unteren ausgespannten Utricularwand und in den Lücken glaube ich die von Voltolini (Ueber die bisher verkannte Gestalt des häutigen Labyrinthes etc. Virchow's Archiv Bd. 28, 1863) beschriebenen Bildungen, das Velum Labyrinthi und die Wasserlöcher zu erkennen.

denen die innere, dicke, die Macula tragende Wand vollständig in den Recessus sphaericus eingesenkt und angeheftet ist. In ihrem übrigen Verhalten ist sie schon umständlich beschrieben, und ich habe daher nur zu bemerken, dass durch die Vereinigung mit der äusseren Wand eine Verdickung oder Rahmen in ihrem Umkreise entsteht, welcher an der Crista Vestibuli fest mit dem medialen Theile des Utriculus zusammenhängt, nach unten und hinten dagegen in zwei Schenkel ausläuft, welche von beiden Seiten den Anfang des Canalis reuniens begrenzen und sich bald in demselben verlieren. Die äussere freie Wand ist sehr dünn, überall ziemlich von derselben Dicke von 0,017—0,022 Mm., und ihre äussere Oberfläche von derselben Beschaffenheit wie die freie Fläche der unteren Utricularwand, eben und ohne Bindegewebsfäden. An dem vorderen und hinteren Rande des Sacculus vereinigt sie sich einfach in dem erwähnten Rahmen mit der inneren Wand, oben und unten hingegen zeigt sie ein anderes Verhalten. Nach unten setzt sie sich unmittelbar in die freie Wand des Canalis reuniens fort, welche von Hensen[1]) entdeckte Bildung beim erwachsenen Menschen eine Breite von 0,25—0,3 Mm. zeigt. Nach oben befestigt sie sich, wie Reichert gezeigt hat, an der unteren Fläche der freien Utricularwand. Der von ihr umschlossene Theil der Utricularwand hat gewöhnlich die Form eines Dreiecks mit der Basis an der Crista Vestib. und beiläufig 1 Mm. Breite, und entspricht zum Theil der hinteren inneren Partie der Macula acustica Utriculi. Das »den beiden Säckchen gemeinschaftliche nervenreiche Septum« [2]) muss wenigstens in Betreff der Nerven ausschliesslich zum Utriculus gerechnet werden, denn wie Durchschnitte lehren, ist seine untere Fläche von demselben niedrigen Pflasterepithel bekleidet, das die ganze übrige Innenfläche des Sacculus überzieht. Die nach aussen vorspringende Winkelform der Linie, welcher die Insertion der äusseren Saccularwand am Utriculus folgt, bedingt eine entsprechende nach aussen convexe Knickung oder schwache Falte in der Wand, welche Falte sich indessen allmählig nach unten wie nach beiden Seiten abdacht. Der Tiefendurchmesser des Sacculus, welcher zum Theil auf Rechnung der inneren Wand kommt, muss dieser Stellung der äusseren Wand gemäss nach unten abnehmen und immerhin nur gering sein.

1) l. c.

2) Reichert, l. c. S. 39.

Reichert hat ihn an einem Durchschnitte 1 Mm. gefunden. So weit er nicht an dem Utriculus angeheftet ist, hängt der Sacculus an seinem ganzen Umfange durch den verdickten Rand unmittelbar mit dem Perioste zusammen, das die den Recessus sphaericus umgebende Vorhofswand bekleidet, und es ist somit nur seine äussere Wand, welche direct von der Perilymphe berührt wird. Durch das oben erwähnte netzförmige Bindegewebe, welches so reichlich die Dicke seiner inneren Wand durchzieht, erhält diese Wand gewissermassen einen Ersatz für die sonst zufolge ihrer Befestigung im Recessus fehlende flüssige Unterlage.

In Betreff des perilymphatischen Raumes ist nur kurz an den verschiedenen Charakter zu erinnern, welchen seine beiden durch die Anheftung des Utriculus an die Vorhofswand getrennten Abtheilungen zeigen. Der untere Raum wird begrenzt nach oben vom Utriculus, nach innen vom Sacculus (und Rec. cochlearis), nach aussen von der Steigbügelplatte und der lateralen Vorhofswand, nach unten von dem Anfangstheile der Schnecke und geht hier zugleich frei in die Vorhofstreppe über. Er zeichnet sich durch centrale Lage und Geräumigkeit sowie durch glatte Wände und vollkommen freies Lumen aus, und dürfte auf Grund dieser Eigenschaften nicht minder als seiner directen Beziehung zum Steigbügel als sinus perilymphaticus Vestibuli besonders hervorgehoben zu werden verdienen. Mittelst der genannten Lücke (oder Lücken) steht er nach oben und unten in offener Verbindung mit dem oberen Raume, welcher, den oberen Umfang des Utriculus umgebend und sich weiter in die Bogengänge hineinziehend, eher als eine relativ enge Spalte zwischen den häutigen Theilen und der Knochenwand sich darstellt. Seine noch von Bindegewebsfäden und Netzen durchzogene Höhlung deutet zugleich ein Stehenbleiben auf einer niedrigeren Entwicklungsstufe an.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass diese Verschiedenheit zwischen den beiden Abtheilungen des perilymphatischen Raumes in näherer Beziehung zur Fortpflanzung der Schallwellen zu den resp. Nervenapparaten stehe. Betrachtet man die gegenseitige Stellung einerseits der Steigbügelplatte und andererseits der gegen dieselbe gewandten Säckchenflächen, so findet man, dass unter gewöhnlichen Verhältnissen, wo die Leitung durch die Gehörknöchelchen geschieht, die Schallwellen zuerst und direct die genannten Flächen treffen und sie sammt dem Inhalte der Säckchen in entsprechende Vibra-

tionen versetzen müssen. Von dem Sinus Vestibuli breitet sich die Wellenbewegung, unmittelbar auf die Schnecke und, obgleich unter weit ungünstigeren Bedingungen, auch auf die obere Abtheilung des perilymphatischen Raumes aus. Man nimmt jetzt beinahe allgemein an, dass auch die Cristae acusticae der Ampullen für Schallwellen bestimmt sind, welche auf dem genannten Wege dem Labyrinthe zugeleitet werden. In diesem Falle stehen den Schallwellen zwei Wege offen um an sie zu gelangen, nämlich durch den Utriculus und durch den oberen perilymphatischen Raum. Von diesen beiden Wegen scheint nur der Utriculus mit den häutigen Bogengängen durch ihr weites glattes und von Epithel bekleidetes Lumen die Bedingungen für eine regelmässige Fortpflanzung der Wellen zu erfüllen, während dagegen die unebenen Wände und die durch die Höhlung gespannten Fäden in dem oberen perilymphatischen Raume schwerlich eine solche Bewegung erlauben. Durch den Vergleich mit den freien und ebenen Treppengängen, deren Bestimmung in dieser Beziehung deutlich ist, gewinnt diese Ansicht noch eine Stütze. Hierzu kommt noch der Umstand, dass die häutigen Ampullen die knöchernen ziemlich vollständig ausfüllen und folglich den perilymphatischen Raum an diesen Stellen mehr oder weniger unterbrechen, alles Eigenschaften, welche mehr auf die Bestimmung des oberen perilymphatischen Raumes als Ausweichplatz zu dienen und der Reflexion von den Knochenwänden entgegenzuwirken, hinzudeuten scheinen. Unter der oben gemachten Veraussetzung würde man weiter die Frage aufwerfen können, in welcher Richtung die Schallwellen die Bogengänge durchlaufen, von dem einfachen Schenkel gegen die Ampulle oder umgekehrt. Die anatomischen Thatsachen, welche in dieser Beziehung einige Anhaltspunkte geben können, sind theils im Allgemeinen die grössere Weite der einfachen Kanalmündungen in Vergleich mit den ampullaren, theils die Lage der verschiedenen Mündungen, der gemeinschaftliche Schenkel an der Wölbung der oberen Wand und der äussere einfache Schenkel gleich nach aussen von ihm, während die beiden vorderen ampullaren Mündungen am vorderen Ende des Utriculus über dem Vorhofsfenster liegen. Eine günstigere Lage scheint freilich die hintere ampullare Mündung zu haben, indem ihr häutiger Hals direct an den Sinus Vestibuli stösst, wobei aber auch das enge Lumen und die Lage in derselben Ebene mit der unteren Utricularwand zu berücksichtigen sind. Um nicht die Anwesenheit der häutigen Kanäle überhaupt herbeizuziehen,

scheinen die angeführten Verhältnisse am meisten dafür zu sprechen, dass die Wellenbewegung von dem einfachen gegen den ampullaren Schenkel geht. In Betreff des Sacculus haben wir gesehen, dass er nur von seiner äusseren Wand her den durch den Sinus Vestibuli kommenden Schallwellen zugänglich ist. In der Verbindung dieser Saccularwand mit der unteren Fläche des Utriculus hat man zwar zunächst eine Anordnung zu sehen, darauf berechnet der letzteren zur Stütze und Ausspannung zu dienen. Indessen muss durch diese Verbindung zu gleicher Zeit eine gegenseitige Abhängigkeit der beiden Säckchen entstehen, die wohl nicht ohne Einfluss auf die Beschaffenheit ihrer Bewegungen sein kann. — Dass bei diesen Betrachtungen keine Rücksicht auf den beim Menschen und den Säugethieren so wenig gekannten Otolithenapparat genommen worden, kann kaum von Einfluss sein, da derselbe als einen integrirenden Theil des Terminalapparates in der Macula acustica aufgefasst werden muss.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. V.

Fig. 1. Nervenausbreitung der Macula acustica des (linken) Utriculus. Erw. Mensch. Nach einem Osmiumsäurepräparat $^{18}/_{1}$.

Fig. 2. Nervenausbreitung der Macula acustica des (linken) Sacculus. Erw. Mensch. Nach einem Osmiumsäurepräparat $^{18}/_{1}$.

Fig. 3. Längsschnitt durch die Macula acustica des Utriculus. Erw. Mensch. Holzessigpräparat a) Nerven, b) netzförmiges grobmaschiges Bindegewebe $^{23}/_{1}$.

Fig. 4. Querschnitt durch die innere Wand und Macula acustica des Sacculus. Erw. Mensch. Holzessigpräparat. a) Nerven, b) netzförmiges grobmaschiges Bindegewebe, c) die äussere Saccularwand $^{23}/_{1}$.

Fig. 5. Längsschnitt durch den peripherischen Theil der Macula acustica des Utriculus. Erw. Mensch. Halbschematisch, hauptsächlich nach Osmiumsäure- und Holzessigpräparaten. a) Gegen die Oberfläche aufsteigende Nervenbündelchen, b) Nervenepithel mit Haaren, c) das die Macula umgebende Cylinderepithel $^{300}/_{1}$.

Fig. 6. Uebergang markhaltiger Nervenfasern in Axencylinder und Eintritt dieser in das Epithel. a) Theilung eines Axencylinders, b) Verbindung mit einem Epithelelemente.

Die Epithelelemente sind alle einzeln oder gruppenweise nach isolirten Präparaten gezeichnet

c)	vom	Utriculus	mit	Jodserum	behandelt.	Erwachsener	Mensch.
d)	„	„	„	Chromsäure	„	„	„
e)	„	„	„	Holzessig	„	Kind	„
f)	„	„	„	„	„	„	„
g)	„	„	„	„	„	Erwachsener	Mensch
h)	„	Sacculus	„	„	„	„	„
k)	„	Utriculus	„	Jodserum	„	„	„
l)	„	Sacculus	„	Holzessig	„	„	„
m)	„	Utriculus	„	Jodserum	„	„	„
n)	„	„	„	„	„	„	„ $^{630}/_{1}$

Fig. 7. Von netzförmig verbundenen Balken bedeckte Membran aus der Höhlung des Utriculus. Kind, Holzessigpräparat. a) Körnchenhaufen in den von den Balken begrenzten Feldern $^{630}/_{1}$.

Vorschrift zu einer gelben Injectionsmasse.

Von

Prof. Hoyer in Warschau.

Die hier mitzutheilende Masse verdient vor der von Thiersch angegebenen in mancher Beziehung den Vorzug, indem sie einerseits bequemer herzustellen ist, und andererseits durch ihre gesättigte intensivere Farbe sich bedeutend besser in den Gefässen markirt, als die sehr blasse Thiersch'sche Masse. Sie ist gleichfalls durch die ausserordentlich feine Vertheilung des Niederschlages transparent, jedoch mehr in den dünneren Gefässen und markirt sich gleichzeitig auch ganz vorzüglich bei auffallendem Lichte, so dass sie gleich gut verwendbar ist für Uebersichtspräparate, als auch für die Demonstration von subtileren Verhältnissen. Sie dringt so vollständig und leicht ein, dass man selbst Lymphgefässe damit recht vollkommen injiciren kann; auch lässt sie sich sehr bequem handhaben, da sie nicht so schnell erstarrt, wie die Masse von Thiersch. Ich stelle sie auf folgende Weise her:

1 Vol. einer Gelatinelösung von 1 Theil Gelatine auf 4 Theile destillirten Wassers,
1 Vol. einer kalt gesättigten Lösung von doppelt chromsauren Kali,
1 Vol. einer kalt gesättigten Lösung von neutralem essigsaurem Bleioxyd (Bleizucker).

Der Hauptkunstgriff, auf den es wesentlich ankommt, um eine gleichmässige höchst feinkörnige Vertheilung des Chromgelbes zu erzielen, besteht darin, dass man die Lösung des chromsauren Kali zunächst mit der durch Flanell filtrirten Leimlösung mischt und bis fast zum Sieden erwärmt und dazu erst allmählig die gleichfalls erwärmte Bleilösung zusetzt. (Man kann die Bleilösung auch zunächst mischen mit einem Theile der Leimlösung und alsdann der mit chromsaurem Kali versetzten erhitzten Leimlösung unter starkem Rühren allmählig hinzufügen). Die hierauf zur Körperwärme abgekühlte Masse ist sofort zur Injection zu benutzen. Hat man die Salzlösungen vorräthig, so erfordert die Herstellung der Masse höchstens 1/4 Stunde Zeit; auch hält es nicht schwer, den Diener des Laboratoriums mit der Anfertigung derselben vertraut zu machen. — Werden die Lösungen bei niederer Temperatur mit der Leimlösung gemischt, so bildet sich ein klumpiger grobkörniger Niederschlag. Man kann sich auch leicht überzeugen, dass Bleizuckerlösung zu einer erhitzten Lösung von doppelt chromsaurem Kali zugesetzt einen dunkleren mehr orangerothen Niederschlag giebt, während bei Mischung in der Kälte, zumal bei Ueberschuss von Bleisalz oder bei Mischung mit neutralem chromsaurem Kali ein hellgelber Niederschlag sich bildet.

Druck von Carl Georgi in Bonn.

Epithel- und Drüsen-Zellen.

Von

Franz Eilhard Schulze,

Prosector und Professor in Rostock.

Hierzu Taf. VI—XII.

Im Folgenden theile ich Beobachtungen über Structurverhältnisse von Epithel- und Drüsenzellen mit, welche ihrer leichten Isolirbarkeit wegen der genauen Untersuchung besonders zugänglich erscheinen und deshalb auch (vielleicht mit Unrecht) zu den am besten gekannten Formelementen des thierischen Körpers gerechnet werden. — Vor allen Dingen sind es die so eigenthümlichen Becherzellen[1]), welche ich zum Gegenstande eines eingehenden Studiums gemacht habe. Trotz ihrer auffallenden Form und grossen Verbreitung haben dieselben bisher wenig Beachtung gefunden. Auch in den neuesten Hand- und Lehrbüchern der thierischen Gewebelehre von Kölliker, Hessling, Frey u. A. finden sie sich kaum erwähnt. Die wenigen Angaben, welche in der Litteratur zerstreut auf Elemente der Art bezogen werden können und fast alle nur eine einzige Lokalität, nämlich die Dünndarmzotten, betreffen, sollen am geeigneten Orte Erwähnung finden.

Wie meine Untersuchung, die grossen Verbreitungsbezirke der

---

1) Eine vorläufige Mittheilung über diese interessanten Gebilde gab ich bereits im Centralblatte für die medicinischen Wissenschaften Nro. 11, Jahrgang 1866.

Becherzellen nach einander durchgehend, nur mit steter genauer Berücksichtigung der benachbarten Formelemente allmählig fortschritt, so wird auch jetzt die Darstellung verfahren und nach einander abhandeln:

I. Die Oberhaut der Fische und Amphibien,

II. das Epithel und die Schlauchdrüsenzellen des Darmkanales aller Wirbelthierklassen,

III. das Epithel des Respirationskanales der durch Lungen athmenden Wirbelthiere.

I. Die Oberhaut der Fische und Amphibien.

Eine genaue Untersuchung der Epidermis wurde angestellt an 15 Fischarten, welche ich alle jederzeit lebend und in Wasser haben konnte. Es waren dies von Teleostern aus der Unterordnung der Acanthopteri: 1. Perca fluviatilis, 2. Acerina cernua, 3. Cottus scorpius, 4. Spinachia vulgaris, 5. Gobius (sp.?), 6. Cyclopterus Lumpus; aus der Unterordnung der Anacanthini: 7. Gadus Callarias; aus der Unterordnung der Physostomi: 8. Silurus Glanis, 9. Cobitis fossilis, 10. Tinca Chrysitis, 11. Leuciscus erythophthalmus, 12. Esox lucius, 13. Anguilla anguilla; von Ganoiden: 14. Accipenser sturio; von Cyclostomen: 15. Petromyzon fluviatilis.

Leider hatte ich keine Gelegenheit, lebende Selachier zu erhalten und muss ich mir die Untersuchung derselben, da ich absichtlich nur lebende Thiere benutzte, auf spätere Zeiten versparen.

Die im Allgemeinen durch den Reichthum an eigenthümlichen und verschiedenartigen Elementen ausgezeichnete Fischoberhaut besitzt hie und da Regionen, an welchen sie nur aus untereinander völlig gleichartigen Epithelzellen besteht. Einen solchen relativ einfachen Bau zeigt z. B. die Epitheldecke der Lippe und der Barteln des Störes, insoweit sie nicht durch die sogenannten »becherförmigen Organe« unterbrochen wird. Dieselbe zeichnet sich schon äusserlich durch Festigkeit und Derbheit, durch eine rauhe, nicht schleimige Oberfläche, sowie durch ihre auffallende Dicke aus. Es beträgt nämlich die Höhe dieser Epidermisschicht, in welche freilich die oft 2 Mm. langen, dünnen Cutispapillen hoch hineinragen, durchschnittlich etwa 3 Mm. Die Elemente sind unregelmässig eckige Stachel- und Riffzel-

len der exquisitesten Form. In der That habe ich noch nirgends diese von M. Schultze zuerst im Epithel der Mundhöhlen- und Conjunctivalschleimhaut sowie im rete Malpighii der äusseren Epidermis aufgefundene und genau beschriebene [1]) eigenthümliche Zellenbildung in so prägnanter Form und überraschender Klarheit gesehen, wie grade an dieser Stelle. Die Stacheln und Riffe selbst, welche hier allen Zellen von der untersten der Lederhaut unmittelbar aufliegenden bis zur obersten Lage zukommen, sind von besonderer Grösse und Derbheit, so dass sie bei jeder beliebigen Präparationsmethode ebenso wie im frischen Zustande und selbst bei schwachen Vergrösserungen schon in die Augen fallen. Nur in der tiefsten Schicht sind sie zarter, was ja auch von ähnlichen Elementen gleicher Lage in der Epidermis der Luft-Wirbelthiere gilt. Wie bei so vielen geschichteten Epithelien besitzen auch hier diese untersten, der Cutis aufsitzenden Zellen Cylinderform. Sie stehen mit einer querabgestutzten Basis auf der Oberfläche der Lederhaut, ragen wie Pallisaden dicht aneinandergedrängt in die Höhe und schieben sich mit einer unregelmässigen oberen Endfläche zwischen die oberen Zellen. Die an der Oberfläche der Epidermis befindliche Zellenlage unterscheidet sich von den mittleren Schichten zunächst dadurch, dass die Elemente etwas derber und stärker lichtbrechend, gleichsam verhornt sind, ohne jedoch an cubischem Umfang irgend erheblich eingebüsst, oder wie die Zellen der Hornschicht der Luft-Wirbelthiere ihren Kern verloren zu haben. Eine eigentliche Hornschicht fehlt daher zunächst für die hier in Rede stehenden Stellen der Fisch-Oberhaut. Auch erscheinen diese obersten Zellen, welche häufig gelockert oder schon halb abgelöst, auch wohl zu losen Fetzen verbunden der ganzen Fläche ein rauhes Aussehen geben, an den zwischen den Cutispapillen gelegenen Partien etwas abgeflacht und ebenso wie ihre länglichen Kerne der Oberfläche parallel gelagert, während sich an den über den Spitzen der Papillen gelegenen Zellen diese Abflachung nicht erkennen lässt, und die länglichen Kerne sich sogar umgekehrt mehr senkrecht gegen die Oberfläche stellen. Diese Lagerungsweise der Zellen und besonders der Kerne, die auch in den tieferen Schichten sich noch deutlich ausprägt, verleiht den senkrechten Schnitten ein eigenthümliches und charakteristisches Aussehen, indem es den Anschein gewinnt, als ob Säulen quergelagerter und senkrecht ge-

1) Virchows Archiv. Bd. XXX.

stellter Zellen regelmässig abwechselnd nebeneinander ständen (Taf. VI. Fig. 1). Es kann wohl kein Zweifel darüber obwalten, dass die obersten Zellen sich hier in ähnlicher Weise wie die Hornschuppen der Epidermis in der Luft lebender Thiere perpetuirlich abstossen, um stets durch neue von unten aufrückende Zellen wieder ersetzt zu werden. Aehnliche nur aus Stachel- und Riffzellen bestehende Oberhautpartien kommen ferner bei den Neunaugen (Petrom. fluv.) am Mundsaum und auf der medianen Bauchkante vor. Hier erscheinen indessen die Stachel- und Riff-artigen Fortsätze der Zellen bedeutend feiner und niedriger als beim Stör, so dass man sie mit schwachen oder weniger guten Vergrösserungen, zumal bei unzweckmässiger Behandlung, leicht übersehen kann (Taf. VI. Fig. 2 a, b, c.). Die Zellen der untersten Schicht (Taf. VI. Fig. 2 a) stellen gewöhnlich vielseitige Prismen mit unterem quer abgestutzten, oberem unregelmässig geformten, zwischen die übrigen eingedrängten Ende dar, welche etwa 4—6mal so lang als breit sind. Die Zellen der mittleren Lagen (Taf. VI. Fig. 2 b.) sind unregelmässig polygonal und diejenigen der obersten Schicht, welche meistens kaum noch Andeutungen von Stacheln und Riffen erkennen lassen, sich auch durch ein stärkeres Lichtbrechungsvermögen auszeichnen, sind stark abgeplattet. Auch hier machen diese obersten Zellen ganz den Eindruck, als ob sie sich ununterbrochen abzulösen und beständig durch neue, von unten nachrückende Elemente ersetzt zu werden bestimmt seien. Sie unterscheiden sich nicht wesentlich in Form und Structur von den darunterliegenden und bilden auch nicht eine zusammenhängende gleichmässig ebene Lage.

Auffallend muss es erscheinen, dass dieser im Allgemeinen an die Bildung der Oberhaut oder richtiger der Mundschleimhaut der Säugethiere erinnernde einfache Bau nur bei zwei Fischarten, und hier auch nur an sehr beschränkten Lokalitäten gefunden wurde. Indessen lässt sich wohl aus dem gemeinsamen Charakter dieser Stellen, welche derber und häufiger Berührung mit festen Körpern besonders exponirt sind, begreifen, weshalb grade hier ein festes und und hartes Epithel zweckmässig sein muss. Das zahnlose, vorstülpbare Maul des Störes wird die Beute mit dem Lippensaum zu erfassen und festzuhalten haben, ebenso muss das Neunauge zunächst mit seinem M u n d s a u m die Nahrung ergreifen, welcher ausserdem bei dem so charakteristischen Ansaugen dieser Thiere an feste Körper mit diesen häufig in derbe Berührung kommt. Die Bauchkante

aber wird beim Schwimmen am Grunde und beim Hingleiten über feste Körper besonders gefährdet sein. Ich zweifle nicht, dass sich beim eingehenden Studium der verschiedenen Regionen der Oberhaut von möglichst vielen Fischarten noch manche derartige Stellen werden auffinden lassen.

Wie nun schon für das blosse Auge und das Gefühl die übrige Fischoberhaut sich von den eben beschriebenen Stellen sehr wesentlich unterscheidet, vor Allem durch eine glänzende, glatte und schleimige Oberfläche, dann aber auch durch das eigenthümlich Durchscheinende und die grosse Weichheit, welche die Fischepidermis im Ganzen gegenüber der Oberhaut anderer Wirbelthiere charakterisirt, so lässt auch das Mikroskop sehr wesentliche und typische Unterschiede erkennen, welche wohl geeignet sind, jene makroskopischen Differenzen zu erklären.

Die Grundlage und gleichsam das Gerüst der Fischepidermis bilden überall die mehr oder minder reichlich vorhandenen Stachel- und Riffzellen, und ich muss diese Elemente, besonders aber die tiefste der Cutis unmittelbar aufliegende Schicht derselben, bevor ich an die Beschreibung der mannigfaltigen und zum Theil sehr eigenthümlichen Zellen anderer Art, welche in der Fischhaut niemals fehlen und zuweilen die Hauptmasse bilden, gehe, hier noch einmal eingehend besprechen. Bei den tiefst gelegenen Zellen erscheint zunächst die Bildung der auf der Cutisoberfläche aufstehenden unteren Seite für die Auffassung von der Verbindung zwischen Lederhaut und Epidermis im Allgemeinen und somit für eine der interessantesten und schwierigsten Fragen der Histologie von der wesentlichsten Bedeutung. Ich schicke daher der Mittheilung des von mir Gefundenen ein kurzes Resumé der wichtigsten Urtheile Anderer über diesen Punkt voraus. Während man früher wohl allgemein die Cutisoberfläche für vollkommen glatt hielt und sich die untersten Epidermiszellen ebenfalls unten glatt abgestutzt und jener Fläche einfach anliegend dachte, wurden zuerst von Meissner in seiner Arbeit über den Bau der Cutispapillen [1]) an der Oberfläche dieser Papillen feine helle Zähnchen beschrieben, welche in die Papille regelmässig umkreisenden Reihen stehen, oder sich vielmehr zu Wällen aneinanderlegen und als die freien Enden von gewissen die Papillen durch-

---

1) Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Haut. 1853.

ziehenden Bindegewebsfasern aufzufassen sein sollten. Auch Virchow[1]) liess Bindegewebsfasern durch die helle Grenzschicht der Cutisleisten des Nagelbettes senkrecht aufsteigen und mit freien über die Oberfläche etwas vorstehenden Enden aufhören. Billroth gab an[2]), dass die über die Cutisoberfläche hervorragenden Bindegewebsfaserenden zwischen Zacken und Fortsätze der tiefsten Epidermiszellen eingreifen. Henle[3]) endlich wich von dieser Auffassung in sofern ab, als er nicht der Cutisoberfläche, sondern nur den untersten Zellen der Epidermis solche Zähnchen zuschrieb, welche dann in grübchenartige Vertiefungen der Cutis hineinragen sollten. In der Fischoberhaut habe ich überall die untere quer abgestutzte Fläche der gewöhnlich langgestreckten und pallisadenartig nebeneinander stehenden prismatischen Zellen der tiefsten Schicht besetzt gefunden mit kleinen, blassen, fingerförmigen, senkrecht zur Fläche stehenden Fortsätzen. Dieselben stehen in gleichmässigen und ihrem Querdurchmesser gleichen Abständen von einander und sind an derselben Zelle sowie an allen Zellen einer Gegend ungefähr gleichlang. Bei verschiedenen Fischen und an verschiedenen Stellen der Haut eines und desselben Thieres fand ich diese Zähnchen dagegen oft von verschiedener Länge. Da man in der Seitenschicht an Zellen mittlerer Breite 2—4 solcher Zacken bemerkt, so mögen auf der Unterseite jeder Zelle wohl 4—16 Fortsätze sitzen. Ganz dieselben blassen Zähnchen stehen nun aber auch auf der Oberfläche der Cutis als directe Fortsätze der obersten hellen Schicht in ihrem Durchmesser gleichen Abständen, ohne dass sich indessen hier Fasern aus der Cutis selbst in sie hinein verfolgen lassen. Dass auch diese kleinen hellen Fortsätze der Cutis wirklich Papillenform besitzen, erkennt man ebensowohl an feinen senkrechten Durchschnitten mit und ohne Epithelbesatz, als ganz besonders deutlich an gefalteten Partien der Cutis. Man vergleiche Taf. VI. Fig. 3. Auf Flächenansichten der Cutisoberfläche erscheinen die kleinen fadenförmigen Papillen als dunkle Punkte oder Kreise, und es ist mir nicht unwahrscheinlich, dass die von Henle in seiner Fig. 3 des Handbuches der Eingeweidelehre gezeichneten dunklen Flecken in der Umgebung des Durchschnittes einer Cutispapille nicht wie er selbst meint, Grübchen der

1) Würzburger Verhandlungen. Bd. IV. p. 84.

2) Müller's Archiv. 1858. p. 159.

3) Handbuch der Eingeweidelehre des Menschen. 1862. p. 7.

Lederhaut, sondern eben diese erhabenen Zähnchen sind. Wenigstens erhalte ich bei Flächenansichten einer des Epithels entblössten gut erhaltenen Fischhaut stets an Stelle dieser dunklen Kreise hell aufleuchtende Punkte, wenn ich den Tubus hebe, und habe ich mich an solchen gefalteten Partien (Taf. VI. Fig. 3) von dem allmählichen Uebergehen der auf der Kante im Profil zu sehenden Zähnchen in jene dunklen Flecke der Flächenansicht deutlich überzeugen können. An Präparaten, welche durch Behandlung feiner frischer Schnitte mit Jodserum gewonnen sind und wo das Epithel zum Theil noch erhalten ist oder einige der tieferen Zellen im Ablösen begriffen sind, wie in Taf. VI. Fig. 3, erkennt man leicht, dass wirklich die Fortsätze der untersten Epithelzellen zwischen die gleichgestalteten der Cutisoberfläche »wie die Borsten zweier in einander gesteckter Bürsten« eingreifen, wodurch eine feste Verzahnung ganz ähnlich derjenigen der Stachel- und Riffzellen unter sich zu Stande kommt.

Während so die Basis der untersten pallisadenartig nebeneinanderstehenden Epidermiszellen mit beträchtlichen Fortsätzen besetzt ist, erscheinen die Seitenwandungen derselben verhältnissmässig eben, selbst bei starken Vergrösserungen nur wie leicht angefressen; (Taf. VI. Figg. 2 c, 3, 4 a, 5 a). Dagegen zeigt wieder die obere, gewöhnlich schon den darüberliegenden Zellen entsprechend unregelmässig geformte Seite einen Besatz derber Stacheln oder Riffe, welche zwischen gleiche Fortsätze der höher liegenden Zellen eingreifen. Diese letzteren in den unteren Partien der Epidermis im Allgemeinen etwas länglich gestreckt, nach oben zu unregelmässig rundlich und endlich sogar abgeplattet, zeigen nun alle Charactere gewöhnlicher Stachel- und Riffzellen, nur wo sie an glattwandigen Zellen anderer Art anliegen, haben sie auch eine glatte Fläche. Besondere Erwähnung verdienen übrigens noch die in mehrfacher Beziehung ausgezeichneten Zellen der obersten Lage. Wenn dieselben im Allgemeinen platte Form haben, so beträgt doch die Höhe noch immer $1/3$ bis $1/2$ der Breite und ist die untere Fläche entsprechend der Figuration der unterliegenden Zellen unregelmässig eckig oder rundlich gestaltet, die obere, d. h. die äussere dagegen ist stets ganz flach oder nur ganz leicht convex. Während an der unteren Fläche noch häufig Stacheln und Riffe bemerkbar sind, ist die obere stets vollkommen eben und glatt und es legen sich sämmtliche Zellen mit ihren Seitenrändern in gleichem Niveau eng aneinander, so dass eine glatte und fast vollständig ebene Oberfläche der Epidermis ent-

steht. Die äussere Grenzschicht dieser Dickzellen erscheint als eine gleichmässig und stark lichtbrechende Platte, welche gewöhnlich ziemlich scharf von der übrigen Zellenmasse, d. i. dem feinkörnigen Protoplasma und dem anderen Theil der Membran sich abgrenzt. Am Dicksten und am Schärfsten markirt zeigt sich dieser hyaline Grenzsaum an der obersten Zellenlage der Neunaugenepidermis, wo auch noch eine andere Eigenthümlichkeit dieser Bildung besonders deutlich in die Augen fällt, nämlich das Vorhandensein einer grossen Zahl kanalartiger, die ganze Deckelschicht senkrecht durchsetzender Poren (Taf. VIII. Fig. 1 a u. b). Die schon von anderen Beobachtern, wie Leuckart, Kölliker, M. Schultze beschriebenen Poren im Grenzsaum der obersten Neunaugenepidermiszellen erscheinen in der Seitenansicht als dunkle parallele Streifen, welche nach der Aussenfläche des Grenzsaumes zu sich ein wenig trompetenartig erweitern und bei günstiger Beleuchtung doppelte Randlinien bemerken lassen, auf der Flächenansicht von oben bei tiefer Einstellung als dunkle Kreise mit hellem Lumen, beim Heben des Tubus als dunkle Flecken gesehen werden. Ich schätze die Zahl dieser Poren bei Zellen mittlerer Grösse auf 50—100. Bei andern Fischen treten dieselben selten so deutlich hervor wie beim Neunauge, indessen gelang es mir mehrmals auch bei Knochenfischen eine Andeutung senkrechter Streifung des Grenzsaumes der äussersten Zellen zu beobachten.

Becherzellen der Fisch-Oberhaut.

In der Oberhaut aller von mir untersuchten Fische kommen nun zwischen diesen, im Allgemeinen den Stachel- und Riffzellen zuzurechnenden Epithelzellen gewöhnlicher bekannter Form Gebilde vor, welche ich unter dem Namen der Becherzellen beschreiben werde. Elemente der Art scheinen in der Fischhaut zuerst von Leydig gesehen zu sein. Derselbe erwähnt in seiner Arbeit: »Ueber die Haut einiger Süsswasserfische« [1]) besonders entwickelter mit einem zähen Fluidum gefüllter Oberhautzellen, von ihm Schleimzellen genannt, deren kleinste die gewöhnlichen Oberhautzellen nur

1) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. III. p. 2.

um Weniges an Umfang übertreffe, von denen die grössten, wie sie beim Aal, der Schleie, der Aalruppe etc. gesehen werden, grosse mit einem feinkörnigen oder auch ganz hellen Inhalte versehene Blasen seien. »In einem gewissen Stadium ihres Wachsthumes«, so fährt Leydig fort, »mögen sie wohl platzen und ihren Inhalt entleeren, wenigstens weist ihr Aussehen bei Leuciscus Dobula darauf hin, wo die oberflächlichst gelegenen ein oder mehrere Löcher bekommen, welche durch Vergrösserung oder Zusammenfliessen die Zelle in ein schüsselförmiges Körperchen verwandeln. — Die Oberhaut der Fische ist also glatt und schleimig, nicht durch ein besonderes Drüsensekret, welches sich über dieselbe ausbreitet, wie etwa die Hautschmiere aus den Talgdrüsen beim Menschen, sondern sie ist durch die Beschaffenheit der Oberhautzellen selber schleimig, oder mit andern Worten, die Oberhaut selber ist der Schleim«. In seinem »Lehrbuch der Histologie« fügt Leydig zu dem eben Gehörten noch Einiges über ähnliche Gebilde aus der Oberhaut von Polypterus hinzu, »welche mit einem zugespitzten Ende nach der freien Seite der Epidermis gerichtet sind, und bei denen es bisweilen den Anschein hat, als ob sie an diesen Spitzen gleichsam geplatzt wären.« Ausser diesen wenigen und noch dazu nicht immer ganz bestimmten Angaben sind mir nur noch Bemerkungen von Kölliker über ähnliche Gebilde aus der Oberhaut von Lepidosiren annectens bekannt, wo dieselben als flaschenförmige Säckchen mit oberer Oeffnung und im Grunde oder wandständig gelagerten, von feinkörniger Masse umlagerten Kerne geschildert und als einzellige Drüsen bezeichnet werden.

Zerzupft man die Oberhaut irgend eines der oben genannten Fische, nachdem sie mit einer schwach erhärtend und etwas macerirend wirkenden Flüssigkeit, also etwa Jodserum, reiner oder verdünnter Müller'scher Lösung etc. behandelt ist, so findet man zwischen den gewöhnlichen Stachel- und Riffzellen in grösserer oder geringerer Anzahl Gebilde, welche sich schon bei oberflächlicher Betrachtung durch ihre rundliche Gestalt, ihre im Allgemeinen glatte Oberfläche und ihre grosse Helligkeit auszeichnen. Bei näherer Besichtigung unterscheidet man an denselben stets eine dunklere, trübere, gewöhnlich ein feinkörniges Aussehen zeigende, und eine grössere hellere Partie, wenn auch die erstere oft gegen die letztere verschwindend klein ist. In dem feinkörnigen oder nur dunkleren Theile erkennt man sehr häufig einen hellen bläschenförmigen Kern

und selbst wo ein solcher nicht deutlich gesehen wird, lässt sich doch stets an der genannten Stelle ein länglicher, gewöhnlich stärker lichtbrechender Körper bemerken, welcher durchaus das Ansehen eines etwas veränderten, solidirten Kernes hat, wie man sie so häufig in älteren Zellen findet. Wir sind daher wohl berechtigt die fraglichen Gebilde als Zellen anzusehen und werden dazu noch mehr autorisirt durch die Membran, welche man stets sehr deutlich an dem helleren meist blasig aufgetriebenen Theile, welchen ich Theca nenne, ausgebildet findet.

Von vorne herein können wir ohne Rücksicht auf Einzelheiten der Form, Grösse etc. einen wesentlichen Unterschied unter diesen in der Fischepidermis vorkommenden Becherzellen darin statuiren, dass bei einem Theile derselben die Theca völlig geschlossen ist, während bei den anderen in ihrer Membran eine rundliche, auffallend scharf begrenzte Oeffnung von ziemlicher Grösse sich zeigt, gewiss eine für eine Zellmembrån interessante Eigenthümlichkeit. Diese Oeffnung der Theca befindet sich stets an dem der dunkelen kernhaltigen Partie gegenüberliegenden Theile der Zelle und ist ausgezeichnet durch einen wie es scheint etwas verdickten Randsaum, welcher häufig noch dadurch mehr in die Augen fällt, dass gewöhnlich die Oeffnung selbst am Ende eines rüsselförmigen oder Flaschenhals-ähnlichen Fortsatzes der Theca sich befindet. In Bezug auf die äussere Form findet man an unseren Zellen alle Uebergänge von der reinen Kugel bis zum lang ausgezogenen Cylinder, ausserdem aber noch hie und da ringförmige Einschnürungen, unregelmässige Aus- und Einbuchtungen, sowie Fortsätze verschiedener Art. Wenn auch in der Oberhaut einzelner Fischarten ziemlich characteristische Formen vorkommen, so trifft man neben diesen doch auch stets andere, welche überall zu finden sind. Bleiben wir zunächst bei den Zellen mit geschlossener Theca, so treten uns hier kuglige und Ei-Formen in grosser Menge entgegen. Elemente der Art sind bald vollständig glatt und von gleichmässiger Wölbung (Taf. VI. Figg. 4 a, 4 b, 6 a; Taf. VII. Fig. 1; Taf. VIII, Fig. 2 c etc.), oder sie lassen an einer Seite, bei den länglichen Formen an einem der beiden Pole, entweder nur eine rundliche Ausbauchung (Taf. VI. Fig. 5 c; Taf. VII. Fig. 4) oder einen längeren, meistens conisch gebildeten Anfang (Taf. VI. 5 a; 5 c; Taf. VII. Fig. 4) erkennen, in welchem dann stets der Kern oder Kernrest mit etwas feinkörnigem Protoplasma zu finden ist. Ein solcher Anfang kann

in eine lange feine Spitze auslaufen oder mit einem stumpfen, unregelmässig begrenzten Ende aufhören.

Seltener als solche kugelähnliche sind hier langgezogene, cylindrische Formen. Diese zeigen sich dagegen häufiger unter den mit einer Oeffnung versehenen Becherzellen, am Entwickeltsten in der Oberhaut von Cobitis fossilis, wo ausserdem eine leichte seitliche Einziehung etwa in der Mitte der Cylinder beobachtet wird (Taf. VII. Fig. 2). Die häufig nicht unbeträchtliche Verlängerung des Endtheiles der Theca, an dessen Ende die Oeffnung selbst sich zu befinden pflegt, gibt der ganzen Zelle eine eigenthümliche Flaschenform (Taf. VI. 5 a; Taf. VII. 4, 7). Indessen sitzt die Oeffnung nicht immer auf einem solchen Stiel der Theca, nicht selten sieht man auch Zellen, wo die Oeffnung in der gleichmässig gewölbten Wandung der Theca nur wie ein einfaches Loch erscheint. An dem der Mündung entgegengesetzten mit einem Kerne und dem etwa noch vorhandenen feinkörnigen Protoplasma versehenen Ende findet man gewöhnlich die nämliche Figuration wie bei den Zellen mit geschlossener Theca, nur sind ausgebildete Kerne und grössere Protoplasmamengen, sowie überhaupt längere Fortsätze hier relativ selten.

Die allen Becherzellen der Fischoberhaut zukommende Membran wird am deutlichsten erkannt an der Theca. Hier stellt sie eine zarte, aber wie es scheint ziemlich feste, bei starker Vergrösserung doppelt contourirt erscheinende, den übrigen Inhalt umschliessende Lamelle dar, welche continuirlich übergeht in die äussere nicht immer deutlich als Membran abgesetzte Schicht des Protoplasma und Kern haltenden Zellentheiles. Der Inhalt der Theca erscheint im frischen Zustande als eine aus zahlreichen mässig stark lichtbrechenden, matt glänzenden Körnchen und einer hellen zähflüssigen Zwischensubstanz zusammengesetzte Masse. Durch die Einwirkung erhärtender und macerirender Flüssigkeiten, besonders der von mir vielfach angewandten Müller'schen Lösung wird dieser Thecainhalt indessen viel heller, die Körnchen verblassen und sind nur noch an der Innenseite der Wandung und in der Nähe des Protoplasmarestes deutlich zu erkennen. Die Protoplasmamasse selbst zieht sich ringsum an der Innenfläche der Theca allmählig dünner werdend etwas empor, so dass ihre Oberfläche eine dem Centrum der Theca zugewandte Concavität zeigt und der helle Thecainhalt auch nach dieser Seite hin stets eine kugelige Begrenzungsfläche erhält. Man vergleiche in dieser Beziehung die Becherzellen auf

Taf. VI. 4, 5, 6; Taf. VII. 1, 2, 4, 7. Ist in der Protoplasmaanhäufung noch ein bläschenförmiger Kern erhalten, so liegt er gewöhnlich in der Mitte derselben, wenn der das Protoplasma bergende Fortsatz von erheblicher Grösse ist (Taf. VI. 5 a, c; Taf. VII. 4), bei geringerer Ausbildung dieses letzteren findet sich der Kern in der Nähe der freien concaven Protoplasmaendfläche (Taf. VII. 2) und endlich bei völligem Fehlen eines solchen Anhanges lagert er sich dicht an die mehr oder weniger kuglige Zellenwandung (Taf. VI. 4 a; Taf. VII. 1).

Nicht minder als in der Form variiren die Becherzellen der Fischoberhaut hinsichtlich ihrer absoluten Grösse, und zeigen auch hierin wieder einzelne Fischarten charakteristische Eigenthümlichkeiten. Während z. B. in der Oberhaut des Neunauges, des Dorsches, der Schleie u. A. sich nur rundliche Becherzellen von 0,015—0,018 Mm. finden, haben beim Stör und Aal manche schon den doppelten bis dreifachen, beim Kaulbarsch den 4—6fachen Durchmesser, und beim Schlammpeitzger erreichen die ausgewachsenen Becherzellen eine Länge von 0,3—0,4 Mm. Gewöhnlich kommt den Becherzellen der Epidermis einer Fischart eine gewisse Durchschnittsgrösse zu, von der sie nur unerheblich nach der einen oder anderen Seite hin abweichen. Doch trifft man in den Fällen, wo sehr grosse Zellen Regel sind, stets auch dazwischen solche von mittlerer Grösse. Selten erscheinen einzelne grosse Zellen da, wo im Allgemeinen nur kleine oder mittlere vorkommen (Kaulbarsch). Bei Fischen, denen kleinere Becherzellen eigenthümlich sind, Dorsch, Schleie etc., lässt sich meistens auch nicht eine erheblich grössere entdecken. Die Weite der Oeffnungen variirt im Allgemeinen nur unerheblich. Ich fand sie durchschnittlich 0,004—0,01 Mm. breit, doch kommen auch weit engere Mündungen vor. Die Länge des Protoplasma-haltigen Fortsatzes erreicht selten die des übrigen Zellenkörpers, gewöhnlich misst er unter $^1/_3$ desselben und kann, wie oben erwähnt, bis zum völligen Verschwinden herabsinken.

Wir haben jetzt die Becherzellen der Fischoberhaut im isolirten Zustande kennen gelernt, suchen wir sie nun auch in ihrer natürlichen Lage auf. Dazu dienen zweckmässig senkrechte Durchschnitte und Flächenansichten der Epidermis, aus denen wir dann Folgendes lernen. Während die Oberhaut einiger Fische z. B. des Schlammpeitzgers fast ganz aus Becherzellen zu bestehen scheint (Taf. VII. Fig. 2), finden sich dieselben bei anderen, z. B. der Schleie, dem Neunauge (Taf. VII. Fig. 1; Taf. VIII. Figg. 5 und 6) nur sparsam,

weit zerstreut zwischen den übrigen Elementen. Bei den meisten der von mir untersuchten Fische liegen zwischen je zwei benachbarten Becherzellen 2—3 andere Zellen. Sehr selten sah ich zwei Becherzellen in ganzer Länge sich berühren, bisweilen mit den äussersten Partien der ausgebauchten Thecae aneinanderstossen. Auch bei den sehr dicht stehenden schlauchförmigen Becherzellen der Schlammpeitzgerlippe (Taf. VII. Fig. 2) liegt gewöhnlich noch eine, wenngleich sehr zusammengedrückte Zelle anderer Art dazwischen. Nach den nur aus Stachel- und Riffzellen gebildeten Oberhautpartien (z. B. auf der Lippe des Störes) zu, nimmt die Reichlichkeit der Becherzellen allmählig ab, bis zum gänzlichen Verschwinden. Bemerkenswerth ist es, dass die Becherzellen nur in den mittleren und oberen Lagen der Epidermis vorkommen. Nur sehr selten findet man eine in der untersten der Cutis anliegenden Schicht, in welchem Falle die besondere Kleinheit der Theca aufzufallen pflegt.

Alle Becherzellen, welche eine Oeffnung besitzen, erreichen die freie Oberfläche der Epidermis; und zwar liegen die Oeffnungen selbst im Niveau dieser Oberfläche, gewöhnlich nur von der stark lichtbrechenden Randschicht der umgebenden Epidermiszellen überragt. Es münden also die Thecae aller dieser Zellen direct auf die freie Fläche der Fischoberhaut.

Die dunklen Protoplasma und Kern enthaltenden Partien sind stets nach unten gegen die Cutis gerichtet, so dass diejenigen Becherzellen, welche nicht die Oberfläche erreichen, also auch keine Oeffnung besitzen, mit ihrer völlig geschlossenen Theca und jenem nach abwärts gerichteten verschmälerten Ende das Bild eines aufschwebenden Luftballons von birnförmiger oder kugeliger Gestalt geben. Dieser Vergleich wird um so zutreffender als auch hier, wenn man die Lage verschiedener Zellen vergleicht, ein geringes Schwanken der ballonartig aufgetriebenen Theca nach der einen oder andern Seite beobachtet wird. Beim Barsche sind diese hauptsächlich der mittleren Epidermisschicht angehörigen geschlossenen Becherzellen durch eine eigenthümliche blassblaue Färbung, ähnlich derjenigen einer dünnen Kupfervitriollösung, ausgezeichnet, welche sich übrigens auf den hier besonders klaren Thecainhalt beschränkt. Diese leicht an einem von der Fläche besehenen frischen Schnittchen der Lippenhaut zu constatirende Thatsache muss um so auffallender erscheinen, als sonst nirgends Färbungen von Becherzellen wahrgenommen wurden.

Versuchen wir es jetzt, uns aus den mitgetheilten Beobachtungen eine Vorstellung von der Bedeutung der Becherzellen in der Fischoberhaut zu bilden. Der Umstand, dass in der untersten Schicht der Epidermis, welche doch allgemein und wohl mit Recht als die jüngste angesehen wird, Becherzellen kaum gefunden werden, dass sie nach oben zu allmählig häufiger werden und in den obersten Lagen eine bei weitem ausgebildetere Theca und mehr zurückgebildete Kerne zeigen, als in den unteren, spricht dafür, dass sich der helle Inhalt der Theca erst beim Aufrücken der Zellen in einzelnen derselben bildet. Dass dies ziemlich schnell geschehen muss, geht daraus hervor, dass man kaum je die ersten Anfänge der Bildung einer solchen Theca beobachtet, sondern wenn in den tieferen Schichten Becherzellen bemerkbar sind, dieselben gleich mit einer deutlichen, wenn auch noch kleinen Theca versehen findet. Eigenthümlich verhalten sich in dieser Hinsicht manche Becherzellen des Flussneunauges, welche obwohl in der äussersten Lage der Oberhautzellen gelegen und die freie Oberfläche erreichend, doch noch keine ausgebildete Theca und auch keine einfache scharf begrenzte obere Oeffnung sehen lassen, sondern eine Uebergangsphase von gewöhnlichen mit Randsaum versehenen Epithelzellen der äusseren Zellenschicht zu den auch hier sonst nicht seltenen, mit deutlicher und weiter Oeffnung gewöhnlicher Formation versehenen Becherzellen darstellen. Es ist demnach anzunehmen, dass hier noch in der äussersten Lage einzelne Becherzellen aus gewöhnlichen Epithelzellen entstehen, durch Auftreibung des oberen Theiles zu einer Theca und allmähliges Entstehen einer einfachen rundlichen Oeffnung durch Schwinden des verdickten porösen Randsaumes (Taf. VIII. Fig. 2). Weshalb es nun immer nur einzelne und gerade diese Zellen sind, welche durch die Entwicklung einer Theca aus, wie es scheint, gewöhnlichen Epithelzellen schnell zu Becherzellen werden, während alle andern nicht einmal den Anfang zu einer solchen Metamorphose machen, sondern ruhig Stachel- und Riffzellen gewöhnlicher Art bleiben, ist noch zu ermitteln. Jedenfalls scheint dieser Umstand der Vorstellung zu widersprechen, als ob wir es hier mit einem Vorgange zu thun hätten, ähnlich der pathologischen Schleimmetamorphose, vielmehr deutet er darauf hin, dass eine specifische Verschiedenheit zwischen den Becherzellen einerseits und den gewöhnlichen Stachel- und Riffzellen andrerseits besteht und auch schon vor der Ausbildung der Theca in den ersteren bestand,

obwohl wir ihn vor diesem Acte nicht nachweisen können. Dass bei dem Entstehen der rundlichen oberen Oeffnung, welche die Becherzellen bekommen, sobald sie die Oberfläche mit der Spitze ihrer Theca erreicht haben, ein eigentliches Platzen der Membran stattfindet, möchte ich deshalb bezweifeln, weil man alsdann wohl häufig unregelmässig zerrissene Ränder an dieser Oeffnung sehen müsste, was nicht der Fall ist. Im Gegentheil auch die kleinste Oeffnung wird stets glatt und scharf begrenzt, sowie von rundlicher Form gesehen. Ich bin daher geneigt, eine langsame, von einem Punkte ausgehende und concentrisch fortschreitende Dehiscenz der Membran am oberen Ende der Theca anzunehmen. Die Bildung dieses Loches wird nun wohl, das wird jeder von vorne herein einräumen, keinen andern Zweck haben können, als denjenigen, dem Inhalte der prall gefüllten Theca Gelegenheit zum Austritt zu geben, worauf auch schon die häufig aus der Thecaöffnung heraushängende, dem Inhalte gleiche Masse hinweist. Ausserdem bin ich aber so glücklich, den directen Beweis für die Richtigkeit dieser Annahme, wie überhaupt für die *sekretorische Funktion* der in der Fischhaut vorkommenden Becherzellen liefern zu können.

Schneidet man einem lebenden Schlammpeitzger ein Stück von einer bis dahin intakten Bartel ab, bringt dasselbe schnell ohne es von Wasser zu entblössen und ohne Druck unter das Mikroskop, so sieht man bei starker Vergrösserung in der hellen durchscheinenden Epidermis deutlich die Contouren der die Oberfläche erreichenden länglichen Becherzellen und deren Oeffnungen neben den zarten Umrissen der zwischenliegenden gewöhnlichen Zellen der äussersten Lage. Gegen letztere treten die Mündungen der Becherzellen etwas zurück, so dass jede in einer kleinen Vertiefung liegt. Betrachtet man nun eine solche Oeffnung im Profil von der Seite, so bemerkt man aus derselben hervorragend einen kleinen Hügel einer mässig stark und nicht völlig gleichmässig lichtbrechenden, dem Anscheine nach zähflüssigen und etwas körnigen Substanz. Bei längerem aufmerksamen Fixiren eines solchen Hügels sieht man denselben langsam aber beständig höher werden und dadurch mehr Zapfenform annehmen, dann an der Basis sich etwas einschnüren. Diese Einschnürung nimmt bei gleichzeitiger Verlängerung der übrigen Masse allmählig zu, so dass eine Keulen- und darauf eine Tropfenform entsteht, bis schliesslich die dünne Verbindung eines solchen Tropfens mit dem übrigen Thecainhalte durchreisst und nun ein kugliges

Klümpchen zähflüssiger, etwas körniger und stark lichtbrechender Substanz über der Fläche schwebt und sich langsam von derselben entfernt. Dieses Schauspiel kann man an ein und derselben Zelle mehrere Male hintereinander beobachten und findet an den Becherzellen einer Gegend nach einiger Zeit alle möglichen Stadien jenes Vorganges. Man vergleiche Taf. VII. Fig. 3. Ich glaube, dass man nicht deutlicher die Sekretion von Zellen beobachten kann. Das Sekret selbst halte ich für eine schleimartige Masse. Dafür spricht das Zähflüssige und das Lichtbrechungsvermögen der Materie, sowie der Umstand, dass gerade bei denjenigen Fischen, wo die Becherzellen sehr dicht stehen und besonders entwickelt sind, wie beim Schlammpeitzger, dem Aal u. a. stets eine verhältnissmässig starke, die Hautoberfläche deckende Schleimschicht vorhanden ist, oder doch sehr schnell producirt werden kann, wie folgendes Beispiel lehrt: Ein kleiner Aal fiel mir auf den staubigen Fussboden und verweilte hier sich umherwälzend so lange, bis er mit einer völlig trockenen Kruste von Staub und Sand überzogen war. Ich brachte ihn alsdann wieder ins Wasser und beobachtete wie er etwa 1/4 Stunde nachher langsam aus der zuerst fest anhaftenden Staubhülle leicht herausschlüpfte, diese als eine zusammenhängende Röhre zurücklassend. Die Innenfläche jener Röhre aber war ganz mit Schleim ausgekleidet. Das Phänomen des Ausstossens solcher kleiner Schleimballen aus den Becherzellen habe ich übrigens nicht blos an den Barteln des Schlammpeitzgers, sondern an verschiedenen anderen Theilen, z. B. an der Schwanzflosse und an der Kopfhaut kleiner, fingerlanger Aale studiren können und stets in der oben geschilderten Weise verlaufen sehen. Ich muss demnach behaupten, dass nicht, wie Leydig will, »die Epidermis selbst der Schleim ist,« welcher die Fischhaut überzieht, sondern dass gewisse Elemente der Epidermis den Schleim secerniren und auf die freie Oberfläche ausstossen.

Bei Gelegenheit dieser Beobachtungen habe ich an den sogenannten »becherförmigen Organen« eine interessante Wahrnehmung gemacht, welche ich, da eine dazu gehörige Zeichnung hier aufgenommen werden musste, auch an diesem Orte vorläufig mittheilen will.

In Bd. XII der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie p. 218 u. ff. habe ich angegeben, dass ein solches stets auf der Höhe einer Cutispapille stehendes becherförmiges Organ aus einem Bündel langer,

von der Cutis bis zur Oberfläche reichender Zellen doppelter Art besteht, von denen die einen ziemlich dicke Cylinder mit oberer ebener, unterer durch kleine Fortsätze rauher Endfläche darstellen und als Stützzellen anzusehen sind für andere Elemente, welche fadenförmig gestaltet nur in der Mitte oder dicht unter derselben eine kernhaltige Anschwellung besitzen und völlig den Riechzellen gleichen, wie sie zuerst M. Schultze[1]) entdeckte und beschrieb. Da stets mehrere Nervenfasern bis in die Spitze der diese Gebilde tragenden Cutispapillen zu verfolgen sind, so schloss ich, dass dieselben mit jenen fadenförmigen Zellen in Zusammenhang stehen und letztere als eigentliche Sinneszellen anzusehen sind. Auch machte ich es wahrscheinlich, dass sie die Geschmackszellen der Fische sind. Damals liess ich diese Elemente oben stumpf wie quer abgeschnitten im Niveau der flachen Stützzellenendflächen aufhören, so dass das ganze becherförmige Organ eine glatte leicht concave Oberfläche besitzen würde, wie es auch auf Taf. XXIII in Bd. XII der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie dargestellt ist. Ich habe jetzt bei der Untersuchung völlig lebensfrischer Organe der Art kleine, starre, leicht conisch sich zuspitzende und mit einer feinen Spitze endende Härchen oder Borsten noch über die Oberfläche hinausragen gesehen. Dieselben sind in reichlicher Anzahl, etwa 20—40 auf jedem becherförmigen Organe vorhanden, stehen in ziemlich gleichen Abständen und alle gleich lang, etwa 0,002 Mm. (Taf. VII. Fig. 3). Diese Härchen lassen sich auch an den in macerirenden Lösungen, besonders Jodserum, isolirten Geschmackszellen als zarter, heller Fortsatz des oberen fadenförmigen Theiles wieder auffinden. Sie sind den von M. Schultze an den Riechzellen der Fische (des Hechtes) beschriebenen und gezeichneten (l. c. Taf. I. Fig. 1) kleinen stäbchenförmigen Aufsätzen zu vergleichen, von denen jener Forscher es zweifelhaft liess, ob sie während des Lebens schon existiren, oder erst durch die Chromsäurebehandlung entstehen, das Letztere sogar für wahrscheinlich hält. Nach der grossen Aehnlichkeit, welche im Uebrigen zwischen meinen Geschmackszellen der Fische und deren Riechzellen besteht, ist es wohl anzunehmen, dass jene von M. Schultze gesehenen hellen Fortsätze der Riechzellen

1) Untersuchungen über den Bau der Nasenschleimhaut beim Menschen und den Wirbelthieren. 1862.

des Hechtes keine Kunstproducte, sondern nur etwas veränderte Härchen waren.

Man wird zugeben müssen, dass diese frei ins Wasser hinausragenden zarten Endtheile der Sinneszellen für die Perception der im umgebenden Wasser gelösten Stoffe und deren chemischer Qualität besonders befähigt erscheinen. Der Umstand, dass die becherförmigen Organe nicht wie unsere Geschmackswerkzeuge auf eine bestimmte Stelle localisirt, sondern durch die ganze Mundhöhle, die Innenseite der Kiemenbogen und über die ganze äussere Haut verbreitet sind, kann nicht befremden bei Thieren, welche nicht wie wir schmeckbare Lösungen allein mit der Zunge und dem Gaumen in Berührung bringen, sondern durch ihren Aufenthalt in diesen Lösungen selbst mit allen den Regionen, wo becherförmige Organe überhaupt vorkommen. Wir dürfen in dieser Einrichtung bei den Fischen sogar eine höhere Entwicklung des Geschmackssinnes in soferne erkennen, als bei diesen Thieren ein Schmecken auf weite Entfernung hin, ähnlich wie bei uns das Riechen, möglich wird. Denn dadurch, dass die im Wasser lösbaren, überhaupt Geschmacksempfindungen erregenden Substanzen nach allen Seiten hin durch das Wasser diffundiren oder auch durch Strömungen fortgeführt werden, gelangen Theilchen derselben in Lösung zur Körperoberfläche oder durch das Respiriren in die Mundhöhle der Fische und treffen hier auf die haarförmigen Enden der Geschmackszellen, können also im ersteren Falle vielleicht sogar ein Wahrnehmen der Gegend erzeugen, von welcher her eine schmeckbare Substanz diffundirt.

Die Kolben in der Fisch-Oberhaut.

Neben den bisher beschriebenen Zellformen finden sich in der Oberhaut der von mir untersuchten Physostomen (Silurus, Cobitis, Tinca, Leuciscus und Anguilla) und der Neunaugen noch eigenthümliche Gebilde, welche zuerst von Kölliker unter der Benennung »Schleimzellen« als in der Epidermis des Neunauges vorkommend erwähnt und abgebildet sind[1]). Eine gründliche Beschreibung

---

1) Verhandlungen der physikalisch medic. Gesellschaft in Würzburg. Bd. VII. p. 193 und Bd VIII. Taf. III. Fig. 31. 1856, ferner Würzburger naturwissenschaftliche Zeitschrift. Bd. I. p. 1. 1860.

dieser Elemente hinsichtlich ihrer Form, Lagerung und des so interessanten Polarisationsverhaltens lieferte darauf M. Schultze[1]), welcher den Namen Schleimzellen mit Recht verwarf und sie »kolbenförmige Gebilde« oder kurzweg »Kolben« nannte, sich indessen bei ihrem Studium fast ausschliesslich auf die Epidermis der Neunaugen beschränkte. Die dritte und so viel mir bekannt letzte Arbeit über diese Kolben, doch auch nur aus der Epidermis der Neunaugen verdanken wir H. Müller[2]).

Alle drei Forscher beschreiben die Kolben der Epidermis von Petromyzon fluv. ziemlich übereinstimmend als keulen- oder flaschenförmig gestaltete, fast regelmässig vertheilte, farblose Zellen von eigenthümlichem Glanze, bedingt durch ein gleichmässiges und ziemlich starkes Lichtbrechungsvermögen. In dem rundlichen, mehr oder weniger bauchigen Körper liegen umgeben von wenig feinkörnigem Protoplasma fast ausnahmslos zwei rundliche Kerne dicht nebeneinander. Der aus einer allmähligen Verschmälerung des Körpers hervorgehende drehrunde Hals endet gewöhnlich etwas verbreitert und quer abgestutzt oder erscheint in eine stumpfe Spitze ausgezogen. M. Schultze berichtigte eine falsche Vorstellung Kölliker's über die Lage dieser Gebilde, indem er nachwies, dass der Hals derselben nicht gegen die Oberfläche der Epidermis gerichtet sei, wie Kölliker wollte, sondern mit seinem Ende die Cutis berührt, so dass alle Kolben direct auf der Lederhaut und zwar senkrecht stehen. Ferner entdeckte er an denselben eine deutliche besonders dem Halse zukommende Querstreifung, bedingt durch abwechselnde Schichten doppelt und einfach lichtbrechende Substanz, und wies auch ausserdem grosse Uebereinstimmung im Polarisationsverhalten mit quergestreiften Muskelfasern nach. Diese Entdeckung sowie die Bemerkung, dass die senkrecht die Cutis durchsetzenden Bindegewebszüge häufig auf die Kolben treffen, und oft in ihnen ein dunkler, vielleicht als eine feine Nervenfaser zu deutender Streifen zu sehen ist, führten M. Schultze zu der Annahme, dass die Kolben nicht einzelligen Drüsen vergleichbar seien, wie Kölliker meinte, sondern vielmehr wahrscheinlich nervöse Endapparate vielleicht muskulöser Natur darstellen. Mit dieser Anschauung M. Schultze's erscheinen indessen wiederum schwierig vereinbar die

1) Müller's Archiv. 1861. p. 228.

2) Würzburger naturwissenschaftliche Zeitschrift. Bd. V. p. 43. 1864.

Resultate der Beobachtungen H. Müller's, welcher bei Petromyzon Planeri die Kolben nicht so gleichförmig nebeneinander stehend und mit abgestutztem oder höchstens durch Einwachsen kleiner Zellen anderer Art durchbrochenem unterem Ende der Cutis fest aufsitzend fand, wie bei Petromyzon fluv. Vielmehr traf er dort ausser mannichfachen Formen ähnlicher Art und Stellung auch viele andere, welche in höhere Schichten der Epidermis frei hinaufgerückt waren, mit der Lederhaut durch keinen Fortsatz mehr in Verbindung standen und sogar oft eine nach der Cutis zu völlig abgerundete Unterseite besassen.

Meine eigenen Untersuchungen ergaben Folgendes. Von allen mir zur Disposition stehenden Fischen zeigten ausser Petromyzon fluv. überhaupt nur die oben genannten Physostomen Kolben in der Epidermis. Unter den constanten und characteristischen Eigenthümlichkeiten aller dieser im Einzelnen oft sehr verschiedenartigen Gebilde ist vor Allem der durch ein gleichmässiges und ziemlich starkes Lichtbrechungsvermögen bedingte eigenthümliche Glanz zu nennen, welcher schon im frischen Zustande vorhanden ist, nach erfolgter Erhärtung in Müllerscher Lösung, Kalilauge etc. aber noch deutlicher hervortritt. Diese Eigenschaft ist mit Recht schon von den früheren Beobachtern besonders hervorgehoben und bei der Beschreibung der Kolben in den Vordergrund gestellt. Bei allen Kolben wird der Zellencharacter angedeutet durch einen oder auch wie bei Petromyzon fluv. typisch doppelten bläschenförmigen Kern, welcher ganz oder annähernd in der Mitte entweder der ganzen Zelle oder ihres Körper genannten Haupttheiles liegt und von wenigem feinkörnigen Protoplasma umgeben ist. Da es mir niemals gelungen ist, an der Oberfläche der Kolben eine Membran nachzuweisen, nehme ich an, dass sie wie so viele Zellen membranlos sind und muss nach der Art und Weise wie die bei Druckwirkungen auf frische Kolben beobachteten Formveränderungen derselben erfolgen, ihnen eine zäh- oder dickflüssige Consistenz zuschreiben. In Bezug auf die äussere Form ist zunächst zu bemerken, dass bei manchen Fischen wie Petromyzon fluv. und vielleicht auch beim Aal nur gleichartige, wenn auch in Einzelheiten variirende, so doch im Allgemeinen sehr typische, bei den anderen Fischen meiner Beobachtung dagegen sehr mannigfache und verschiedenartige Bildungen vorkommen. In der 30—35 % starken Kali- oder Natronlauge haben wir ein vortreffliches schon von M. Schultze vielfach benutztes Mittel, um aus der

Oberhaut des frischen Thieres die Kolben in ihrer Form wohlerhalten zu isoliren. Mittelst dieser und anderer macerirend und erhärtend wirkender Flüssigkeiten überzeugt man sich leicht, dass zunächst bei Petromyzon fluv. die bei Weitem meisten Kolben ganz so wie M. Schultze sie abbildet, geformt sind, also im Allgemeinen von Keulen- oder Kolbenform einen oben abgerundeten bauchigen Körper und einen wenig schmäleren drehrunden Hals haben, der mit einem quer abgestutzten, wie in der Verbreiterung begriffenen Ende aufhört, dass aber auch andere mit zugespitztem, ja selbst, was H. Müller betonte, durchbrochenem unteren Ende versehene, sowie sehr niedrige fast halbkugelförmige vorkommen. Sehr ähnlich ist die äussere Form der Aalkolben, nur dass hier die obere bauchige Partie gewöhnlich im Verhältniss zum übrigen Theile noch etwas dicker erscheint und sich mehr von dem dünnen Halse abzusetzen pflegt (Taf. VII. Fig. 4 und 7). Unregelmässig rundliche Formen der verschiedensten Art findet man bei Tinca, Leuciscus, Silurus und Cobitis. Hier sind viele ganz kuglig, andere zeigen verschmälerte halsartige Fortsätze, welche bald stumpf oder quer abgestutzt, bald in eine oder mehrere Spitzen ausgezogen sind (Taf. VII. Fig. 1). Hinsichtlich der Grösse findet man sehr beträchtliche Unterschiede an den Kolben derselben Haut sowohl bei den Fischen mit typischen, als bei denen mit uncharacteristischen Formen. So kommen z. B. bei der Schleie Kolben von 0,14—0,02 Mm. Durchmesser vor, beim Aale übertreffen die grösseren die kleinen oft um das 3—4fache an Länge (Taf. VII. Fig. 4). Die Kolben der verschiedenen Fischarten differiren in der Durchschnittsgrösse nur unerheblich. Beim Schlammpeitzger fand ich sie durchschnittlich etwas kleiner als beim Welse, dagegen grösser als beim Aal, Neunauge, Schleie, Weissfisch u. a.

In Bezug auf den inneren Bau stimmen die Kolben weder bei verschiedenen Fischarten, noch in derselben Fischhaut überein. Ein sehr in die Augen fallender Unterschied ergiebt sich zunächst zwischen den Kolben von Leuciscus, Tinca, Cobitis und Silurus einerseits und denjenigen von Petromyzon und Anguilla andererseits dadurch, dass bei jenen vier Physostomen im Innern der gleichmässig und ziemlich stark lichtbrechenden Substanz, welche die Hauptmasse der ganzen Kolben bildet, sich stets nur ein bläschenförmiger Kern mit oft verschwindend wenig feinkörnigem Protoplasma befindet, während bei den meisten Kolben der Aalhaut und fast allen grösseren der Neunaugenepidermis sich neben diesem Protoplasma

mit einem oder zwei Kernen noch ein eigenthümlicher mehr oder minder scharf begrenzter rundlicher Hohlraum angetroffen wird, welcher mit einer dünnflüssigen, hellen, weniger stark lichtbrechenden Substanz gefüllt erscheint.

Bleiben wir zunächst bei den mehr gleichartig gebauten Kolben jener vier Physostomen stehen, so sehen wir bei vielen die starklichtbrechende Grundmasse durchzogen von Fäden körnigen Protoplasma's, welche von der den Kern umhüllenden Masse ausgehen, durch Verästelung schnell dünner werdend, oft bis in die Nähe der Zellenoberfläche zu verfolgen sind. Diese unregelmässig sternförmigen verästelten Protoplasmaausbreitungen sind besonders deutlich in den Kolben des Welses zu beobachten, wo die feinkörnige Masse überhaupt etwas reichlicher vorhanden ist als bei den übrigen. Indessen ist nicht bei allen Kolben der genannten Fische das feinkörnige Protoplasma und der Kern gleich deutlich sichtbar; viele lassen kaum noch einen helleren Fleck im Innern als Andeutung eines Kernes erkennen. Solche Kolben unterscheiden sich denn auch im Uebrigen nicht unwesentlich von den protoplasmahaltigen. Sie sind gewöhnlich weit kleiner als jene, von unregelmässig rundlicher, oft fast kugliger Form, zeichnen sich durch besonders starkes Lichtbrechungsvermögen aus und erscheinen nach der Erhärtung in Kali bichromic.-Lösungen auffallend gelblich gefärbt. Doch kommen überall mannigfache Uebergänge von den gewöhnlichen zu diesen Formen vor. Kolben mit bläschenförmigem Kerne und umliegendem feinkörnigem Protoplasma finden sich nun, wenngleich von etwas anderer Form, auch beim Aal und Neunauge, und zwar sind es hier namentlich die kleineren, während die grösseren jene oben erwähnten hellen Hohlräume in ihrem breiteren oberen Theile erkennen lassen. Beim Aale haben diese Lücken der stark lichtbrechenden Masse stets eine annähernd kuglige oder Maulbeerform, insofern die Innenwand bald glatt und gleichmässig gewölbt, bald mit kleineren unregelmässig rundlichen Ausbuchtungen versehen ist. Von unbedeutender Grösse können sie bis zu einem solchen Umfange wachsen, dass fast der ganze obere kopfförmige Theil des Kolben davon ausgefüllt wird. Stets liegen sie dem Kerne dicht an oder doch in der Nähe desselben. Einmal fand ich bei einem im Uebrigen nichts Aussergewöhnliches zeigenden jungen Aale fast in jedem Kolbenhohlraum einen oder mehrere kuglige Tropfen einer sehr stark lichtbrechenden Substanz, wahrscheinlich Fett (Taf. VII. Fig. 7). Zuweilen füllten

diese Fetttropfen fast den ganzen Hohlraum aus, gewöhnlich waren sie nur etwa $^1/_3$ so gross als dieser. Zahlreiche Tröpfchen fanden sich in einzelnen durch gleichmässig rundliche Form, Mangel des Halses und besonders starkes Lichtbrechungsvermögen auffallenden Kolben vor. Bei mehreren anderen Aalen, deren Haut ich untersuchte, habe ich solche Fetttropfen nur höchst selten hie und da einmal in den Kolbenhohlräumen angetroffen, so dass ich geneigt bin, jenen isolirten Befund für einen pathologischen zu halten. In den grösseren Neunaugenkolben zeigen die mit heller Flüssigkeit erfüllten Hohlräume gewöhnlich eine etwas andere Form und Lage. Sie stellen hier meistens längliche in der Axe des keulenförmigen Kolben gelagerte, übrigens wohl drehrunde Lücken dar, welche mit einem dicken Theile in dem Körper des Kolbens gelegen dessen oberes Ende erreichen, mit einem sich langsam verjüngenden unteren Ende in den Hals hinabragen. Die von etwas feinkörnigem Protoplasma umgebenen Zwillingskerne pflegen an der Seite dieses länglichen Hohlraumes zu liegen oder auch wohl etwas in denselben vorzuragen. Zuweilen fehlt das untere verschmälerte Ende der Höhlung, so dass sie eine rundliche Gestalt gewinnt und dann ganz im oberen breiteren Theile des Kolbens auch meistens dicht an der äussersten Oberfläche desselben liegt. In vielen Fällen habe ich mich sogar, wenn auch nur an in Müllerscher Lösung erhärteten Kolben deutlich davon überzeugen können, dass diese Hohlräume nicht nur das äusserste Ende des Kolbens erreichen, sondern sogar durchbrechen, so dass sie also eine obere Oeffnung besitzen (Taf. VIII. Fig. 4 a—d und 6). In den kleineren Kolben vermisst man die Höhle gewöhnlich ganz, in den mittleren tritt sie zuerst als eine schmale in der Axe gelegene Spalte auf, welche bei den grossen im oberen Theile sich erweitert und durchbricht.

Berücksichtigen wir endlich die Lage und Stellungsverhältnisse unserer Kolben, speciell ihre Beziehung zur Cutis, so treffen wir auch hier wieder auf einen principiellen Unterschied zwischen den Kolben von Petromyzon fluv. und dem Aale einerseits und den vier Physostomen andererseits. Beim Neunauge nämlich und wahrscheinlich auch beim Aale stehen sämmtliche Kolben auf der Cutis, während bei den übrigen Fischen Kolben in jeder Höhe der Epidermis und zwar grösstentheils von der Cutisoberfläche völlig abgerückt gefunden werden. Niemals sah ich beim Flussneunauge einen Kolben vollständig von der Cutis abgehoben, stets berührte er dieselbe, wenn

auch oft nur mit einem sehr feinen oder, wegen des Eindrängens einer Zelle in den unteren Theil, in mehrere Spitzen sich theilenden Fortsatze. Ebenso fand ich das Verhältniss bei allen von mir untersuchten Aalen, ausser bei jenem einen, wo sich die Fetttropfen in den Kolbenhöhlen zeigten. Hier habe ich zuweilen abgelöste rundliche Kolben in den höheren Epidermispartien angetroffen, welche dann auch mit zahlreichen Fetttropfen angefüllt waren.

Petromyzon Planeri scheint sich nach den Angaben von H. Müller an die von mir untersuchten Physostomen hinsichtlich der Kolbenvertheilung anzuschliessen. Hier stehen nur die Kolben der untersten Schicht durch einen fussartigen Fortsatz mit der Lederhaut in Verbindung. Diese sind meistens von mittlerer Grösse und zeigen im Innern einen deutlichen bläschenförmigen, von etwas Protoplasma umgebenen Kern. Weiter hinauf in den mittleren Lagen der Epidermis begegnet man schon Kolben, welche entweder nur noch einen sich zuspitzenden Fortsatz nach abwärts senden, der die Cutis nicht mehr erreicht, oder gar keinen Fortsatz besitzen, vielmehr auch unten ganz abgerundet sind. In der obersten Epidermisschicht endlich trifft man nur noch unregelmässig rundliche oder selbst platt kuchenförmige Kolben an, welche sich, wie oben geschildert, durch Kleinheit, Fehlen des körnigen Protoplasma's und eines deutlichen Kernes, sowie durch besonders starkes Lichtbrechungsvermögen auszeichnen. Solche veränderte Kolben habe ich vielfach dicht unter der äussersten Zellenlage gefunden (Taf. VII. Fig. 1), so dass wohl kein Zweifel darüber bestehen kann, dass sie beim Ausfallen einer darüberliegenden Zelle selbst auf die Oberfläche des Fisches gelangen.

Die Vertheilung der Kolben ist übrigens durchaus keine gleichmässige. In gewissen Regionen der Haut werden sie gar nicht angetroffen, z. B. bei Petromyzon fluv. auf der Lippe und der Bauchkante. Sehr dicht stehen sie gewöhnlich in der Kopfhaut, wo sie sich fast berühren oder nur eine Zelle zwischen sich lassen (Taf. VII. Fig. 1 u. Fig. 6).

Seit M. Schultze's Untersuchungen über die Kolben von Petromyzon fluv. hat man wohl allgemein dieselben mit ihm für nervöse Endapparate muskulöser Natur gehalten. Dafür sprach vor allen Dingen, um nicht zu viel Gewicht auf den von M. Schultze selbst als zweifelhaft bezeichneten Zusammenhang mit Nervenfasern zu legen, die constante Verbindung mit

der Cutis und die Querstreifung. Beides fehlt aber, wie wir jetzt wissen, bei den ohne Zweifel identischen Gebilden vieler anderer Fische und zwar nicht nur fernstehender Arten, wie der von mir untersuchten Physostomen, sondern nach H. Müller selbst einer andern Neunaugenspecies. Hier heben sich im Gegentheil die gleichmässig lichtbrechenden Kolben in kolossaler Menge von der Cutis ab und rücken unter allmähliger Aenderung ihrer Masse an die Oberfläche, wo sie beim endlichen Ausfallen in die von den Becherzellen gelieferte Schleimschicht gerathen und sich daselbst wahrscheinlich auflösen. Wir gelangen demnach zu einer Vorstellung von der Function dieser Elemente, nach welcher wir sie etwa mit den Zellen unserer Hauttalgdrüsen vergleichen können, die ja auch nach allmähliger Veränderung ihrer Masse (zu einer fettigen Substanz) sich auflösen und so beim Austreten aus der Drüse ein die Epidermis und die Haare überziehendes Sekret liefern. Die Kolben des Flussneunauges und des Aales lösen sich nun freilich nach unseren Beobachtungen nicht von der Cutis ab und werden deshalb auch nicht beständig zur freien Oberfläche aufrücken, indessen zeigen grade sie, wie wir oben sahen, besondere Eigenthümlichkeiten des Baues, welche mir wohl geeignet scheinen, auch hier eine ähnliche sekretorische Function wahrscheinlich zu machen. Grade bei diesen beiden Fischen besitzen die grösseren Kolben in dem oberen bauchigen Theile einen Hohlraum gefüllt mit einer von der eigentlichen Kolbensubstanz verschiedenen Flüssigkeit, ja in einem Falle beim Aale selbst mit Fetttropfen, und diese Höhle sieht man beim Neunauge nicht selten am oberen Ende des Kolbens sich öffnen (Taf. VIII. Fig. 4 und 6), wenn auch nicht an der freien Oberfläche selbst, so doch dicht in der Nähe derselben zwischen den obersten Epidermiszellen, welche von einem etwa ergossenen flüssigen Sekrete durchtränkt werden und dasselbe auch zwischen sich durch auf die freie Fläche gelangen lassen können.

Bei dieser Auffassung würde selbst die aus der Querstreifung und dem wahrscheinlichen Zusammenhange mit Nervenfasern gefolgerte muskulöse Beschaffenheit der Kolben von Petromyzon fluv. sich leicht verstehen lassen durch die Annahmen, dass dieselben unter dem Nerveneinflusse eine zeitweise Entleerung jener Hohlräume durch active Contraction bewerkstelligen.

Die Körnerzellen in der Oberhaut der Neunaugen.

Die Oberhaut der Neunaugen beherbergt ausser den bisher besprochenen Elementen noch Gebilde eigenthümlicher Art, welche schon Kölliker auffielen und von ihm [1]) unter dem Namen »Körnerzellen« als rundliche oder birnförmige Zellen mit scheinbar körnigem Inhalte, kleinem Zellenkern und einem oder mehreren an der Oberfläche der Zelle selbst wurzelnden Ausläufern beschrieben wurden. Kölliker vergleicht diese Zellen mit den sogenannten Fadenzellen der Myxinoidenepidermis und spricht die Ueberzeugung aus, dass hier die scheinbaren Körner nur der optische Ausdruck eines dicht gewundenen Fadens seien. Aus einem Irrthume über die Richtung der Fortsätze, welche gegen die Oberfläche ziehen sollten, entsprang die Vermuthung Köllikers, dass die Körnerzellen als einzellige Drüsen, deren Sekret sich nach aussen ergösse, betrachtet werden könnten. Auch M. Schultze [2]) gedenkt dieser Zellen. Er verbessert die Angabe Köllikers über die Richtung der langen Ausläufer, welche als homogene und solide Fortsätze von den in den oberen Epidermisschichten liegenden Zellenkörpern niemals gegen die Oberfläche, sondern stets nach abwärts gegen die Cutis laufen und diese selbst erreichen. Er berichtet ferner, dass die Körner ebenso wie die ein oder zwei Fortsätze das Licht nicht doppelt brechen.

Ich finde die Körnerzellen sehr zahlreich in der ganzen Epidermis von Petromyzon fluv. mit Ausnahme einzelner Stellen wie der Lippen und der Bauchkante, wo sie ähnlich den Kolben- und Becherzellen gänzlich fehlen. An den rundlichen, oft birn- oder eiförmig verzogenen grossen Zellenkörpern, welche in den mittleren und oberen Schichten der Epidermis liegen, fallen vor allen Dingen die eigenthümlichen, das Licht gleichmässig und ziemlich stark brechenden rundlichen Körner auf, welche in ziemlich gleichen Abständen in einer hellen wahrscheinlich flüssigen Grundmasse liegen und die von Kölliker gewählte Bezeichnung Körnerzellen für die ganzen Gebilde wohl rechtfertigen, da diese ihnen hauptsächlich ihr besonderes und auffallendes Aussehen verdanken. Kölliker nennt die Körner fein. Ich möchte im Gegentheil grade auf die den Protoplasmakörnchen anderer Zellen gegenüber ziemlich beträchtliche Grösse

---

1) Würzburger naturw. Zeitschrift. Bd. I. Heft I. p. 7.

2) Müllers Archiv. 1861. p. 299.

und auf die Gleichförmigkeit dieser Grösse aufmerksam machen. An der Oberfläche einer solchen Körnermasse habe ich eine zarte und wie es scheint ziemlich feste Membran gefunden, welche den ganzen rundlichen Zellenkörper umschliesst und trichterartig auf die Fortsätze übergeht. Solcher Fortsätze fand ich gewöhnlich zwei, seltener drei oder vier, und wo sich nur einer erkennen liess, blieb es mir stets zweifelhaft, ob nicht der andere abgebrochen sei. Es sind lange fadenartige auf dem Querschnitt rundliche, grade oder leicht gebogene Ausläufer des Zellenkörpers, welche stets nach abwärts zur Cutis gerichtet sind, nach unten zu allmählig dünner werden und endlich mit einem spitzen oder leicht abgestutzten Ende die Lederhautoberfläche erreichen. Dieselben zeichnen sich ferner aus durch ihre glatte Oberfläche und durch ein eigenthümliches gleichmässiges, mässig starkes Lichtbrechungsvermögen, welches sie hell und matt glänzend erscheinen lässt. Ganz besonders merkwürdig ist aber ihr Verhältniss zum Zellkörper selbst. Diese hellen Fortsätze dringen nämlich an zwei verschiedenen Stellen in das Innere des Zellkörpers also zwischen die Körner ein und verbinden sich hier zu einem scharf und glatt begrenzten Zirkelkopf-ähnlichen Gebilde von dem nämlichen optischen Verhalten, welches ihnen selbst eigen ist. Ein solches Verbindungsstück liegt gewöhnlich in der Mitte des Zellenkörpers, besitzt ein oberes etwas angeschwollenes, kugelig abgerundetes Ende und zeigt in verschiedenen Zellen etwas verschiedene Länge. Diese beträgt etwa $1/3$ des Zellkörpers und übertrifft die eigene Breite um das Doppelte oder Dreifache. Da die Verbindung der beiden (oder der drei) an verschiedenen Stellen die Membran durchsetzenden fadenartigen Fortsätze unter einem spitzen Winkel stets erst innerhalb der Zellmembran erfolgt, so bleibt zwischen der Verbindungsstelle und dem darunterliegenden Theile der Membran noch ein Raum übrig, der auch von Körnern ausgefüllt ist (Taf. VIII. Fig. 3. 5 u. 6). Bisweilen ist es mir gelungen beim Zerzupfen der in Müllerscher Lösung macerirten Neunaugenepidermis die Zellmembran zu zerreissen. Alsdann liessen sich die nun frei gewordenen Körner leicht wegschwemmen, und es blieben die fadenartigen Fortsätze mit ihrem kolbigen Verbindungsstück isolirt übrig (Taf. VIII. Fig. 3. 6). Auf diese Weise konnte ich mich auf das Deutlichste von dem continuirlichen Zusammenhange sowie von der Gleichartigkeit der optischen Eigenschaften dieser ganzen Zirkel-ähnlichen Stücke überzeugen. Ein solches Eindringen von faden-

artigen Theilen in das Innere eines Zellenkörpers, ein solcher isolirter Verlauf und eine solche directe Verbindung derselben ist, soviel ich weiss, noch nirgends gesehen und würde sich höchstens mit Angaben vergleichen lassen, welche in der jüngsten Zeit mehrfach über das Eintreten mehrerer Nervenfasern resp. Axencylinder in das Innere von Ganglienzellen und über ihre Verbindung daselbst gemacht sind. An einen solchen Vergleich wird man hier um so eher denken können, als die eigenthümlichen Fortsätze unserer Körnerzellen, Axencylindern oder Ganglienzellenausläufern nicht unähnlich sind. Da nun jene Angaben über die Verbindung der Nervenfasern mit Ganglienzellen gemeinsam den Kern als das verbindende Stück bezeichnen, so lag für mich die Aufforderung nahe, nachzusehen, ob in den Körnerzellen das von mir entdeckte Zirkelkopf-ähnliche Verbindungsstück vielleicht den Kern selbst vertrete, oder ob ausserdem noch ein Kern vorhanden sei. Ich habe mich nun sehr häufig und auf das Deutlichste davon überzeugen können, dass ausser jenem Verbindungsstück noch ein besonderer bläschenförmiger Kern von kugliger Form, wasserhellem Inhalte und kleinem glänzenden Kernkörperchen vorhanden ist. Derselbe ist nicht gross und liegt gewöhnlich neben, seltener über dem oben beschriebenen Verbindungsstück (Taf. VII. Fig. 3, 5 u. 6). Leicht erkennt man diese Einzelnheiten, wenn man eine besonders klare Körnerzelle isolirt und bei gutem Lichte und starker Vergrösserung unter dem Deckblättchen langsam hin und her rollen lässt, wobei man alle Theile im Innern der Zelle von verschiedenen Seiten betrachten kann. Indessen lässt sich auch Alles an gelungenen feinen Schnitten deutlich sehen.

Soll ich endlich noch eine Vermuthung über die Function der Körnerzellen äussern, so möchte ich sie am Ehesten als Sinneszellen ansprechen. Dahin weist ihre Aehnlichkeit mit anderen nervösen Gebilden und der Umstand, dass die langen hellen Ausläufer stets bis zur Cutis hinabreichen, also sämmtliche Körnerzellen auf der Cutis stehen. Hoffentlich wird man ihre Lage in der Epidermis nicht als einen Gegenbeweis gegen ihre nervöse Natur und gegen den allerdings noch zu demonstrirenden Zusammenhang mit Nervenfasern anführen; kennen wir doch jetzt schon eine Reihe von Sinneszellen, welche in dem Epithel liegen und ohne Zweifel mit Nerven in Verbindung stehen.

Die verästelten Pigmentzellen der Fisch-Oberhaut.

Zu den in der Fischoberhaut hie und da sehr verbreiteten Formelementen zählen endlich verästelte Pigmentzellen. Mit Erstaunen gewahrt man zwischen den gewöhnlichen Epithelzellen diese sonst nur im Bindegewebe zu findenden Gebilde, und ist von vorne herein geneigt, sie nur für Fremdlinge, für Einwanderer, zu halten. Von solchen verzweigten Pigmentfiguren der »Fischepidermis« sprechen zuerst Leydig[1]) und H. Müller[2]). Letzterer kannte sie beim Stör und Aal. Ich habe derartige Pigmentzellen durchaus nicht bei allen untersuchten Fischen gefunden, vielmehr ausser beim Stör und Aal dieselben nur noch bei der Schleie, beim Wels und beim Kaulbarsch gesehen. Sie liegen unregelmässig zerstreut zwischen den übrigen Epidermiszellen jedoch in sehr verschiedener Reichlichkeit, je nach der Fischspecies, nach dem Individuum und je nach der Hautpartie. Eigenthümlich und von H. Müller schon beim Störe bemerkt, ist der Umstand, dass die tiefste, aus cylinderförmigen Zellen bestehende Epidermisschicht stets frei von solchen ramificirten Pigmentzellen ist, während häufig grade an der oberen Grenze jener Cylinderzellen zwischen diesen und den nächst höheren Epithelien eine fest zusammenhängende Lage solcher Gebilde gefunden wird. Uebrigens habe ich niemals eine directe Verbindung der oft sehr langen und stark verästelten Ausläufer bemerkt. Das aus schwarzen groben und feinen Körnern bestehende Pigment ist, wie man an isolirten Zellen sieht, nur eingelagert in eine an und für sich farblose, helle, völlig gleichmäsig und zwar ziemlich stark lichtbrechende Grundsubstanz, welche den hellen bläschenförmigen Kern in einer massigen Ansammlung umgiebt und die Ausläufer bildet, im Uebrigen ganz jener eigenthümlichen zähflüssigen Masse gleicht, aus welcher die kriechenden Bindegewebskörperchen bestehen. Sehr häufig findet man solche Pigmentzellen in der Fischoberhaut, welche in einem oder mehreren, ja bisweilen in allen Fortsätzen wenig oder gar keine Pigmentkörnchen zeigen, andererseits aber wieder Zellen, wo das meiste Pigment in den Aesten liegt und ein Theil des Zellkörpers solches ganz entbehrt. In letzterem Falle tritt dann der

1) Lehrbuch der Histologie. p. 97. 1857.

2) Würzburger Verh. Bd. X. p. XXIII. sowie in der Würzburger naturw. Zeitschrift. Bd. I. p. 164.

bläschenförmige Kern zu Tage. Vorkommen, Grösse und Zahl der Fortsätze wechselt ausserordentlich. Es giebt neben sehr verzweigten Pigmentzellen alle Uebergänge zu Formen, welche nur einen rundlichen Klumpen darstellen. Alle bleiben in Form und Erscheinung den kriechenden Bindegewebskörperchen ähnlich. Es müsste demnach, selbst wenn die directe Beobachtung fehlte, im höchsten Grade wahrscheinlich gelten, dass auch diesen Gebilden Contractilität und damit das Vermögen Form und Lage zu ändern, zukomme. Glücklicherweise konnte diese Eigenschaft aber auch in der vom lebenden Thiere genommenen und mit den nöthigen Coutelen schnell untersuchten Haut besonders deutlich beim Aale durch die directe Beobachtung constatirt werden.

Die Oberhaut der Amphibien.

Der Fisch-Oberhaut in vieler Beziehung ähnlich erscheint diejenige der Amphibien. Ich untersuchte Triton taeniatus, Triton niger und Rana exulenta, alle drei im erwachsenen und Larven-Zustande. Bei den erwachsenen Thieren besteht ebenso wie bei den Fischen die Epidermis der Hauptsache nach aus vieleckigen Stachel- und Riff-Zellen, von denen die der Cutis aufsitzenden durch ihre Cylinder- oder Pallisaden-Form sich auszeichnen und mit der Lederhaut selbst durch Ineinandergreifen beiderseitiger Zähnchen fest verbunden sind. Diese kleinen zahn- oder stachelartigen Fortsätze erreichen bei Rana exulenta auffallende Länge (Taf. VIII. Fig. 13). Bedeutende Abweichung von der gewöhnlichen Form zeigen die Zellen der obersten Schicht. Dieselben sind ausserordentlich abgeplattet und besonders beim Frosch sehr dünn und hell, dagegen von beträchtlicher Breite und mit einem flach kuchenförmigen, stark und gleichmässig lichtbrechenden Kerne versehen. An ihnen nimmt man keine Stacheln und Riffe wahr, dagegen besitzen sie bei den Tritonen eine äussere stärker und gleichmässig lichtbrechende wie verhornte Grenzschicht, welche vornämlich bei Triton niger an einzelnen buckelförmig gestalteten und in ziemlich gleichen Abständen über die ganze Haut vertheilten Zellen eine besondere Dicke erreicht. Hierdurch erhält die Oberfläche dieser Thiere eine gewisse rauhe und unregelmässig höckerige Beschaffenheit. Beim Frosche findet

man unter der obersten Schicht, welche aus überall dicht aneinanderliegenden polygonalen Zellen der eben beschriebenen Art besteht, eine andere aus ebenfalls noch sehr platten aber nicht mehr ganz hellen, sondern etwas feinkörnigen und mit hellem, bläschenförmigen Kerne versehenen Zellen gebildet, an denen indessen schon feine, zur Verbindung mit den unteren und seitlichen Nachbarn dienende Stacheln und Riffe bemerkt werden. Diese letzteren Zellen passen nicht überall mit ihren seitlichen Kanten genau aneinander, sondern lassen hie und da kleine, rundliche, scharf begrenzte Lücken zwischen sich, welche bald in der Verbindungslinie der Seiten, bald da, wo die Ecken zusammenstossen, gelegen sind (Taf. VIII. Fig. 11). Auch kann eine solche Lücke etwas in den Zellenkörper selbst hineinrücken. Es bleibt dann aber eine dunkle Linie zwischen ihr und dem Seitenrande, so dass es den Eindruck macht, als habe sich jene Zelle nur um den etwaigen Inhalt jener Lücke herum und auf der entgegengesetzten Seite zusammengelegt. Aehnlich fand ich das Verhältniss bei Triton taeniatus. Interessant ist es, dass nur diese beiden obersten Zellenlagen bei der Häutung abgestossen werden. Die zwischen den Zellen der zweiten Lage gesehenen rundlichen Lücken (zuweilen sah ich dieselben auch zwischen den Elementen der obersten Lage) werden stets ausgefüllt durch das obere Ende eigenthümlicher flaschenförmiger Zellen, welche einen unteren rundlichen oder eiförmigen Bauch und einen oberen schmäleren, drehrunden Halstheil besitzen. Im unteren dickeren Theile liegt ein bläschenförmiger Kern. An einem lebend untersuchten Tritonfinger fielen diese flaschenförmigen Zellen durch ihre gleichmässige Helligkeit auf zwischen den trüben gewöhnlichen Epidermiszellen. Nur dicht über dem Kerne an der Uebergangsstelle zwischen Bauch und Hals fand sich etwas feinkörnige Masse (Taf. VIII. Fig. 9). Aus der mit verdünnter Müller'scher Lösung behandelten Froschepidermis isolirte ich sie als trübkörnige Gebilde derselben Form, in welcher man den Kern oft nur undeutlich erkennen konnte (Taf. VIII. Fig. 12, a,b). Diese Zellen sind für die Froschoberhaut neuerdings von Rudneff[1]) ganz ähnlich beschrieben. Nur scheint Rudneff zu glauben, dass das obere schmale Ende stets die freie Oberfläche erreiche, was ich bestreite. Vielmehr liegt (wenigstens für gewöhnlich)

---

1) Dieses Archiv. Bd. I. p. 295.

noch die oben beschriebene äussere Lage aus continuirlich aneinanderschliessenden, hellen grossen und sehr dünnen Zellen über denselben. Es ist mir nicht zweifelhaft, dass die grossen, bauchigen, ja blasenförmigen, hellen Zellen, welche ich bei einer 3 Ctm. langen, noch Kiemen tragenden Larve von Triton taeniatus in der Epidermis zahlreich verbreitet antraf und Taf. VIII. Fig. 8 in seitlicher Ansicht abgebildet habe, die Jugendformen jener beim erwachsenen Thiere weit kleineren flaschenförmigen Gebilde darstellen. Sie sassen alle bald mit einem verschmälerten Stiele, bald ohne einen solchen der Cutis auf und zeigten eine deutliche, völlig geschlossene Membran, einen fast wasserhellen Inhalt und etwas unter der Mitte einen grossen rundlichen Kern umgeben von etwas feinkörniger Substanz, von welcher aus Züge derselben Masse den Zellenraum nach verschiedenen Richtungen bis zur Membran durchzogen. Wahrscheinlich rücken sie später von der Cutis ab, werden kleiner und erhalten oben eine Oeffnung. Ich bin der Ansicht, dass die sämmtlichen flaschenförmigen Zellen der Batrachier und Tritonen hinsichtlich ihrer Function in einer nahen Beziehung zum Häutungsprocess stehen, dass sie nämlich das Sekret liefern, wodurch periodisch die eine oder zwei obersten Lagen höchst abgeplatteter Zellen, (aus denen die abgestossenen Hüllen bestehen), in ihrer Verbindung mit den unterliegenden gelockert und schliesslich aus derselben vollständig gelöst werden, und behalte mir vor, später in einer selbstständigen Arbeit diese Ansicht näher zu begründen und den Vorgang im Einzelnen weiter zu verfolgen.

Verästelte Pigmentzellen sind in der Oberhaut der Amphibien schon von Leydig und H. Müller beobachtet. Von letzterem sind sogar Bewegungserscheinungen an denselben, wenn auch nicht direct gesehen, so doch indirect nachgewiesen [1]). Es wurde nämlich die abgelöste Epidermis einer bestimmten Stelle vom Beine eines dunkeln Frosches untersucht, und hier die Pigmentzellen mit grossen verästelten, an körnigem Pigmente reichen Ausläufern versehen gefunden, darauf nach dem Erblassen desselben Frosches die Epidermis von einer correspondirenden Stelle des anderen Beines geprüft und in ihr die Pigmentzellen nur als rundliche, scharf begrenzte, sehr dunkle Klumpen erkannt. Ebenso gelang es umgekehrt von einem blassen Frosche erst Pigmentklumpen und nach dem

1) Würzburger naturwissensch. Zeitschrift. Bd, I. p. 164.

Dunkelwerden des Thieres wieder mit reichen Ramificationen versehene Zellen zu sehen. Auch darin zeigten sich diese Pigmentzellen der Epidermis mit denen der Cutis übereinstimmend, dass häufig nach Contractionsvorgängen in den Fortsätzen einzelne Gruppen von Pigmentkörnchen zurückblieben, von der Hauptmasse durch farblose Stellen getrennt. Dies hat schon Brücke beim Chamäleon wahrgenommen und dahin gedeutet, dass nicht die Fortsätze selbst in solchen Fällen, sondern nur die Pigment-Moleküle aus denselben zum Theil zurückgezogen würden. Längere Zeit fortgesetzte Beobachtungen der verästelten Oberhaut-Pigmentzellen an dem vom lebenden Thiere schnell entnommenen Finger eines Triton taeniatus liessen mich die Veränderungen derselben unmittelbar wahrnehmen. Wie in den ähnlichen Zellen der Fisch-Oberhaut sah ich die Pigmentkörnchen langsam ihren Ort wechseln und aus den reich verzweigten Aesten in die Nähe des hellen Kernes zu einer klumpigen, unregelmässig gestalteten Masse zusammentreten. Bisweilen blieben einzelne Häufchen von Körnern zurück, welche indessen häufig schliesslich auch noch zu der Hauptmasse sich hinzogen. Auf Taf. VIII habe ich in Fig. 10 a, b, c, d, die Veränderungen einer Pigmentzelle während eines Zeitraumes von $^3/_4$ Stunden dargestellt. Zwischen a und b liegt ein Zeitraum von 10 Minuten, zwischen b und c von 15 Minuten, zwischen c und d von 20 Minuten; später änderte die Zelle ihre Form nicht mehr.

Bei grösseren Frosch- und Triton-Larven finden sich die verästelten Pigmentzellen schon in derselben Form und ebenso zwischen den übrigen Epidermiszellen vertheilt wie bei den erwachsenen Thieren.

II. Das Epithel und die Schlauchdrüsenzellen des Darmcanales aller Wirbelthierclassen.

Das Epithel der Mund- und Rachenhöhle.

In der Epithelauskleidung der Mundhöhle wird man von vorne herein einen Uebergang von der Epidermis zum eigentlichen Darmepithel erwarten dürfen. In der That weicht auch zunächst bei den Fischen der Charakter der dicken Epithellage, welche Zunge, Gaumen, Innenseite der Kiemenbögen und die übrige Wand der Mund- und

Rachenhöhle bedeckt [1]), nicht wesentlich von derjenigen der äusseren Oberhaut ab. Auch hier treten überall als ein grundlegliches Gerüst bildend die bekannten, unregelmässig vieleckigen Stachel- und Riffzellen auf, welche nur in der untersten Lage gleichförmig cylindrisch gestaltet und in der obersten etwas abgeplattet, sowie mit einem äusseren cuticularen Saume versehen sind. Das die Zunge des Störes deckende Epithel wird sogar wie dasjenige seiner Lippe nur aus derben, grossstacheligen Zellen der Art gebildet, welche selbst an der obersten Schicht ihre Stacheln und Riffe nicht ganz verlieren und auch keinen cuticularen Saum erhalten. Zwischen solchen gemeinen Epithelzellen erscheinen nun, wie in der Epidermis, Becherzellen von verschiedener Grösse und Form, in den tieferen und mittleren Schichten bläschenförmig und rundlich, in der Nähe der Oberfläche flaschenförmig, mit einem nach aussen sich öffnenden Halse versehen. Bei den meisten Fischen fand ich sie in überraschender Menge, am dichtesten gedrängt bei Cyclopterus lumpus, wo die ganze Zungenoberhaut mit Ausnahme der stets frei bleibenden untersten Lage fast nur aus Becherzellen zu bestehen schien. Das allmählige Wachsen der blasenartigen mit Schleim erfüllten Thecae beim Aufrücken der Becherzellen in die höheren Schichten lässt sich hier ebenso wie in der Epidermis häufig deutlich erkennen (Taf. IX. Fig. 1). Bei den Fischen, welche Kolben in ihrer Epidermis besitzen, zeigen sich diese auch im Epithel der Mundhöhle und stimmen in Form, Lage und übrigem Verhalten mit den in der äusseren Haut geschilderten völlig überein, höchstens sind sie etwas kleiner als jene (Taf. IX. Fig. 2).

Bedeutender wird der Unterschied zwischen Epidermis und Mundhöhlenepithel bei den Amphibien. Hier verliert zunächst die Zellenauskleidung der Mund- und Rachenhöhle den vielschichtigen Charakter und nähert sich der Einschichtigkeit, welche an manchen Stellen z. B. auf der Höhe der Zungenpapillen des Frosches vollständig erreicht wird. Stachel- und Riffzellen konnte ich hier wenigstens beim Frosch und Salamander nicht entdecken, auch gelang es mir nicht an den der bindegewebigen Unterlage direct aufsitzenden Zellen dieselbe Verbindung wie zwischen den untersten Epidermiszellen und der Cutis durch Ineinandergreifen kleiner stachelar-

---

1) Hier nehme ich von vorne herein Petromyzon aus, dessen Mundhöhlenepithel sich anders verhält.

tiger Fortsätze nachzuweisen, obwohl ich diese auch hier glaube annehmen zu dürfen. Der grösste Theil von den die Oberfläche erreichenden Zellen trägt auf seiner freien Fläche Flimmerhaare. Zu den Ausnahmen hiervon zählt zunächst das auf den Spitzen der papillae fungiformes stehende Epithel, welches nach A. Key's schöner Entdeckung [1]) aus eigenthümlichen Geschmackszellen und zwischenstehenden flimmerlosen Stützzellen besteht. Ferner kommen beim Frosch und namentlich bei Triton, den ich in dieser Beziehung am Genausten studirte, noch an sehr verschiedenen, im Uebrigen durch Nichts besonders charakterisirten Gegenden zwischen den gewöhnlichen Flimmerzellen Gruppen von anderen flimmerlosen Zellen vor, welche sich durch eine eigenthümliche, dicke, hyaline und stark lichtbrechende Grenzschicht auszeichnen. Diese deckelartigen, völlig structurlosen Säume grenzen sich scharf gegen den körnigen Inhalt ihrer die bindegewebige Grundlage oft nicht erreichenden Zellen ab. Häufig zeigen sie auch eigenthümliche papillen- oder zottenartige nach Aussen vorragende Erhöhungen oder Auswüchse (Taf. IX. Fig. 3), die selbst durch Einschnürung ihrer Basis kolbenähnliche Form annehmen können.

Ueberall im Epithel der Amphibien-Mund- und Rachenhöhle sei es einfach oder geschichtet, Wimpern tragend oder nicht, kommen mit alleiniger Ausnahme jener Geschmackszellenregionen nun auch exquisite Becherzellen und zwar sehr reichlich vor. Dieselben besitzen hier eine langgestreckte Form und reichen wohl ausnahmslos, selbst da wo die übrigen Zellen sich schon zu schichten beginnen, von der Bindegewebsgrundlage bis zur freien Oberfläche, wo sie mit einer rundlichen, glatt und scharf begrenzten Oeffnung münden, aus welcher häufig rundliche oder unregelmässig gestaltete Fetzen einer schleimartigen Masse hervorragen. Die Form dieser ansehnlichen Becherzellen variirt im Allgemeinen zwischen der Gestalt eines nur leicht ausgebauchten Cylinders und der völligen Kugel. Bei Triton herrscht die Schlauchform, beim Frosch die mehr bauchige Tonnenform vor. Oft entsteht auch durch ringförmige mehr oder minder seichte Einziehungen der Mittelpartie die Gestalt einer Sanduhr. Gewöhnlich macht die mit heller, leicht körnig getrübter [2]) Masse erfüllte Theca den grösseren Theil der Zelle aus,

1) Müller's Archiv. 1861.

2) Durch die Einwirkung des Kali bichromicum pflegt der im frischen

und der mit deutlich körnigem Protoplasma und einem hellen oft (bei Tritonen) sehr grossen Kerne versehene untere Abschnitt, welchen ich der gewählten Vergleichung mit einem Trinkgefässe folgend Fuss nenne, erscheint gewöhnlich nur als ein etwas verschmälerter Anhang jener oberen blasigen Auftreibung (Taf. IX. Fig. 6 a, b). Indessen finden sich auch nicht selten Becherzellen, bei welchen die Theca nur einen kleinen Theil der ganzen Zelle darstellt, während der Fuss ganz dem unteren Abschnitt einer gewöhnlichen Epithelzelle gleichend, die Hauptmasse des Ganzen bildet (Taf. IX. Fig. 6 d). Wie bei den Becherzellen der Fischoberhaut lässt sich auch hier die an der Theca stets so distincte Membran an dem Fusse und besonders an dessen unterstem Ende, welches gewöhnlich wie abgerissen unregelmässig zackig erscheint, nicht immer deutlich erkennen. Das trübkörnige Protoplasma grenzt sich hier ebenfalls an der Wandung der Theca sich etwas hinaufziehend mit einer kuglig ausgehöhlten Fläche gegen den helleren Inhalt der Theca, jedoch nicht sehr scharf ab. Auch von der Form und übrigen Beschaffenheit der oberen Oeffnung gilt im Allgemeinen dasselbe, was oben von den gleichen Elementen der Fischepidermis gesagt ist. Es kann auffallen, dass gerade im Epithel der Mundhöhle der Amphibien, welches doch z. B. auf der Froschzunge so vielfach durchforscht ist[1]), die Becherzellen bisher keine Beachtung gefunden haben, da sie doch so dicht stehen, dass sich gewöhnlich nur zwei bis vier Zellen anderer Art zwischen zwei benachbarten finden. Gewöhnlich hat man sie wohl für bei der Präparation aufgequollene oder durch Zufall ihres Flimmerbesatzes beraubte Zellen gewöhnlicher Art angesehen und nicht näher untersucht, obwohl sich hie und da in den naturgetreueren Abbildungen z. B. bei Billroth l. c. Taf. XII. Figg. 7 und 8 einzelne Becherzellen, wenn auch nur undeutlich erkennen lassen.

Von Reptilien untersuchte ich Vipera Berus und Emys europaea auf ihr Mund und Rachenhöhlenepithel und fand zunächst bei Vipera Berus den Rachen mit einem einschichtigen Flimmer-Cylinderepithel bekleidet, in dem etwa in Abständen von zwei bis vier Zellenbreiten vertheilt Becherzellen stehen, welche durchaus den bei den Am-

---

Zustande aus ziemlich groben, nur matt glänzenden Körnern in heller Grundmasse bestehende Thecainhalt bedeutend heller und gleichmässiger zu werden und nur noch Andeutungen von blassen Körnchen zu zeigen.

1) Unter anderen von Billroth. Müller's Archiv. 1858. p. 159.

phibien gefundenen gleichen, nur etwas kleiner und zarter als jene erscheinen. Einzelne Formen derselben habe ich in Taf. IX. Fig. 8 a, b, c, d, e abgebildet, wie sie nach Maceration in Müller'scher Lösung durch Zerzupfen isolirt erhalten wurden. An frisch vom lebenden Thiere entnommenen und in Speichel schnell untersuchten feinen Scheerenschnitten fand ich den Inhalt der Thecae stets aus zahlreichen, in eine helle zähflüssige Grundmasse eingelagerten gröberen, schwach glänzenden, rundlichen Körnern bestehend, welche in unregelmässig rundlichen Ballen langsam aus der oberen Oeffnung hervortraten (Taf. IX. Fig. 7), und sich als sphärische Klümpchen allmählig ablösten, ein Vorgang den ich, wie oben mitgetheilt ist, ähnlich an der überlebenden Fischhaut beobachtete.

Auf der Zunge von Emys europaea besteht die Hauptmasse der geschichteten Epithelpartieen aus unregelmässig eckigen Stachel- und Riffzellen der gewöhnlichen Art, welche in der obersten die freie Fläche erreichenden Lage ähnlich den gleichgelagerten Zellen der Fischhaut dünne hyaline Randsäume zeigen. Je näher den vertieften Stellen desto länger und prismatischer werden diese Elemente, verlieren allmählig ihre Stacheln und Riffe und stellen endlich an den einschichtigen Regionen des Zungenepithels Cylinderzellen dar, welche übrigens wie die obersten Zellen der benachbarten geschichteten Lagen einen dünnen hyalinen Endsaum führen. Flimmercilien habe ich hier nicht beobachtet. Zwischen diesen gewöhnlichen Epithelzellen liegen nun wiederum zahlreiche Becherzellen und zwar sowohl an den geschichteten als den einfachen Partieen, wenngleich ein Unterschied in der Bildung je nach dem Standort sich leicht erkennen lässt. Während nämlich die dichtstehenden nur durch zwei bis drei Zellen getrennten Becherzellen des einschichtigen Cylinderepitheles ganz den entsprechenden Elementen der Schlange gleichen, werden dieselben zwischen den geschichteten Stachel- und Riffzellen, wo sie überhaupt nur in den oberen Lagen vorkommen, bedeutend kleiner, verlieren ihren länglichen Fuss, lassen den Kern gewöhnlich nicht mehr ganz deutlich erkennen und werden im Allgemeinen den Becherzellen der Fischhaut ähnlicher (Taf. IX. Fig. 9).

In dem geschichteten Plattenepithel der Mundhöhle von Vögeln und Säugethieren fand ich keine Becherzellen.

Das Epithel des Oesophagus.

Von der Epithelauskleidung der Mund- und Rachenhöhle wende ich mich zu derjenigen des Oesophagus. Meine Untersuchungen haben zwar nur die Speiseröhre vom Accipenser sturio, Rana esculenta und Emys europaea als Repräsentanten der drei unteren Wirbelthierclassen berücksichtigt (bei Vögeln und Säugethieren findet sich hier wie in der Mundhöhle geschichtetes Plattenepithel), indessen erscheinen die Verhältnisse schon bei diesen drei Thieren aus verschiedenen Classen so übereinstimmend, dass ich von der Prüfung mehrerer Species derselben Classe glaubte absehen zu dürfen. In einem einfachen Flimmer-Cylinderepithel stehen reichlich und ziemlich gleichmässig vertheilt längliche Becherzellen. Diese stimmen bei Amphibien und Reptilien in ihrer Bildung vollständig mit den Becherzellen der Mundhöhle überein, beim Stör fand ich sie etwas grösser und in der Theca breiter, und erhielt einmal nach längerer Maceration des Epithels in Chromsäure von 0,1 % beim Zerzupfen Becherzellen, deren Fuss in einen varicöse Anschwellungen zeigenden Faden auslief (Taf. IX. Fig. 11). Obgleich ich nun diesem letzteren Befunde deswegen keine grosse Bedeutung zuschreiben kann, weil die Varicositäten nicht so gleichmässig spindelförmig, wie etwa an den Riech- oder Geschmackszellen, und auch nicht von dem bei nervösen Gebilden der Art sonst charakteristischen schwachen Glanze erschienen, so wird doch ein Zusammenhang der auf bindegewebiger Grundlage stehenden Becherzellen mit Nerven, zumal in Berücksichtigung der neuesten Mittheilungen Pflüger's über die Endigung von Nerven in Speicheldrüsenzellen, an und für sich nicht unwahrscheinlich genannt werden können; und dürfte jene Beobachtung zu weiterem Forschen in dieser Richtung auffordern.

Epithel- und Drüsenzellen des Magens.

Mit besonderem Interesse ging ich an die Untersuchung der Epithel- und Drüsenzellen des Magens. Das die Innenfläche des Magens aller Wirbelthiere deckende Epithel besteht aus Cylinderzellen, welche oben offen sind. Untersucht man einen dünnen Schnitt der frischen Magenschleimhaut eines beliebigen Wirbelthieres in Speichel, Jodserum oder einer anderen indifferenten Flüssigkeit

mit der gehörigen Vorsicht, so findet man an der Oberfläche der Epithelzellen selbst kleine, mehr oder weniger vorgewölbte Hügel, bestehend aus einer zähflüssigen Substanz, welche gewöhnlich Körnchen von mässig starkem Lichtbrechungsvermögen enthält, bisweilen aber auch homogen erscheint. Dieselbe wird am besten bemerkt, wenn man die Zellen von der Seite betrachtet. Dabei überzeugt man sich, dass die seitliche Begrenzung sämmtlicher Zellen durch deutlich wahrnehmbare Membranen gebildet wird, und dass die aus dem oberen Theile der Zellen hügelartig sich vorwölbende körnige oder hyaline zähflüssige Masse nicht weit in das Innere derselben hinabragt, sondern in dem grösseren unteren Theile feinkörniges Protoplasma mit einem hellen länglichen Kerne enthalten ist. Nimmt man nun macerirende und erhärtende Flüssigkeiten zu Hülfe, so wird es vollends klar, dass man es mit becherförmigen Zellen zu thun hat, deren deutliche feste Membran oben mit einer je nach dem Querschnitt der Zellen unregelmässig eckigen oder rundlichen Oeffnung, welche glatt und scharf begrenzt ist, aufhört. Aus dieser steht der durch die Einwirkung jener Flüssigkeit etwas veränderte, gewöhnlich zu einer gleichmässig lichtbrechenden, hellen Substanz umgewandelte obere Theil des Inhaltes entweder noch in Hügel- oder Tropfenform hervor, oder er ist zu einer ganz hellen kaum noch eine Grenzlinie zeigenden, meistens sehr voluminösen Masse aufgequollen (Taf. X. Figg. 3 und 14). Nach der Behandlung mit Müller'scher Lösung grenzt sich gewöhnlich die Substanz, welche den oberen Theil der Zellen, also (wenn wir den Vergleich mit eigentlichen Becherzellen zulassen wollen) die Theca füllt, durch ihr Hyalinwerden noch schärfer von dem unteren körnigen Protoplasma ab, und man sieht, dass sie in ähnlicher Weise, wie die Schleimmasse der wahren Becherzellen in der Mitte am Weitesten herabragt und mit einer unteren convexen Fläche aufhört. Besonders klar tritt dies Verhältniss an den durch besondere Grösse ausgezeichneten Magenepithelzellen der Tritonen hervor, bei welchen Thieren übrigens auffallender Weise oft zwischen den so beschaffenen Zellen zahlreiche Flimmerzellen gefunden werden (Taf. X. Figg. 6 und 7), ja bei jungen Exemplaren oft die überwiegende Mehrzahl bilden (Taf. X. Fig. 9). Ausserdem traf ich Flimmerepithel nur noch in dem vorderen, wegen seiner Erweiterung als Magen anzusehenden Theile des Darmcanales bei Petromyzon, wo die ganze Epitheldecke aus flimmernden Cylinderzellen besteht.

Hinsichtlich der Form unterscheiden sich die Magenepithelzellen der verschiedenen Wirbelthiere nicht wesentlich, indem alle vielseitige (meistens sechsseitige) Prismen oder umgekehrte Pyramiden darstellen, zwischen deren unteren verschmälerten Enden häufig andere formlose, vermuthlich junge Zellen sitzen (Taf. X. Fig. 6). Dagegen sind die Differenzen in Bezug auf die absolute Grösse, sowie in Betreff der einzelnen Dimensionen schon erheblicher. Besonders gross und vornehmlich breit fand ich sie bei den Tritonen, schon schmäler beim Frosch und den Reptilien (Emys, Vipera). Als unter sich ungefähr von gleicher Grösse folgen hierauf die Magenepithelzellen der Fische, Vögel und Säugethiere. — Zweifelhaft kann es erscheinen, ob diese Zellen, welche die zwischen den Drüsenöffnungen befindlichen netzförmig verbundenen Riffe der Magenschleimhaut überziehen und noch eine geringe Strecke in den Eingang der Drüsen sich fortsetzen, wirklich zu den Becherzellen gerechnet werden dürfen, da trotz vieler Aehnlichkeiten eine so charakteristische Eigenthümlichkeit jener, nämlich die bauchige Theca und deren obere Verengerung fehlt und selbst da nicht vorhanden ist, wo sie nicht wie gewöhnlich alle nebeneinanderstehen, sondern durch Flimmerzellen getrennt sind. — Uebrigens wird der Umstand, dass die Zellen, welche die Mageninnenfläche überziehen, an ihrem freien Ende membranlos, dagegen mit einer ausgeschiedenen zähflüssigen Masse bedeckt sind, für die Auffassung sowohl von der im Magen vor sich gehenden Resorption, besonders von Flüssigkeiten, als auch von der auffallenden Immunität der Magenschleimhaut gegen die verdauende Kraft des eigenen Drüsensecretes gewiss bedeutungsvoll werden. Man erwäge nur, dass nun nicht mehr von einer Osmose der Flüssigkeiten durch Zellmembranen, sondern von einem directen Uebergange in andere mehr oder minder flüssige Massen die Rede sein muss, und dass diese als ein Secret aufzufassenden Massen eine ziemlich continuirliche Schicht über den Zellen bilden und so eine directe Einwirkung des verdauenden Magensaftes auf die Zellen selbst ausschliessen.

Je nach der Bildung des Epithels unterscheidet man bekanntlich bei den Säugethieren zwei wesentlich verschiedene Formen von Magendrüsen, die eigentlichen Labdrüsen und die sogenannten Schleimdrüsen. Die letzteren sind mit einem einfachen Cylinderepithel ausgekleidet, welches aus Zellen, ähnlich den auf der Mageninnenfläche beschriebenen, besteht. Freilich habe ich an ihnen das

Fehlen der Membran am Zellenende nicht so sicher constatiren können, wie bei jenen Zellen, weil sich frische Elemente der Art weniger gut beobachten lassen; doch kann ich nach Präparaten, welche in Müller'scher Lösung erhärtet waren, an dieser Uebereinstimmung nicht zweifeln.

Die durch ihre rundlichen körnigen Zellen ausgezeichneten Labdrüsen scheinen nur einigen Fischen, z. B. Petromyzon ganz zu fehlen, bei den übrigen treten sie dicht gedrängt nebeneinanderstehend bald in einfacher Schlauchform, wie bei Acerina cernua, Spinachia vulg., Cottus scorpius, Anguilla anguilla u. a., bald als zusammengesetzte schlauchförmige Drüsen, wie bei Silurus glanis auf. Die grossen kugligen und, meinen Beobachtungen zufolge, membranlosen, körnigen Drüsenzellen liegen hier einzeln in nischenartigen Ausbauchungen des Drüsenschlauches. Dasselbe gilt für die etwas kürzeren Labdrüsen der Amphibien (Frosch, Triton) und Reptilien. Auf die Formation der durch Molin[1]), Leydig[2]), Bergmann[3]) und andere studirten zusammengesetzten Drüsen des Vormagens der Vögel will ich hier nicht näher eingehen, und nur daran erinnern, dass das Drüsenepithel auch dort durchgehends aus kugligen, dunkelkörnigen, membranlosen (Bergmann) Zellen gebildet wird, während die mit vielen einfachen drüsenähnlichen Gruben und Vertiefungen versehene oberflächliche Partie der Schleimhaut nur mit jenen oben offenen Cylinderzellen überkleidet ist, wie ich sie als der Innenfläche des Magens aller Wirbelthiere und den sogenannten Schleimdrüsen des Säugethiermagens eigenthümlich schon oben beschrieben habe. An den einfach oder zusammengesetzt schlauchförmigen Labdrüsen der Säugethiere findet man die kugligen, dunkelkörnigen Labzellen insoferne verschieden situirt, als sie bald der Innenfläche einer einfachen, einem Handschuhfinger ähnlich gestalteten, glatten membrana propria nur anliegen, oder jede in einer besonderen nischenförmigen Ausbauchung des Drüsenschlauches gelagert sind. Ohne mich auf eine ausführliche Berichterstattung über meine noch nicht ganz abgeschlossenen Untersuchungen dieses Verhältnisses bei den einzelnen Säugethier-Gruppen und Arten einzulassen, will ich hier nur gewisse an extremen Fällen der letzteren

1) Denkschriften der Wiener Akademie. 1850.
2) Müller's Archiv. 1854.
3) Müller's Archiv. 1862.

Art gemachte Beobachtungen hervorheben, welche mir ein weitgreifendes Interesse zu haben scheinen.

Beim Studium der Labdrüsen des Delphines bemerkte ich zuerst, dass die sehr grossen Labzellen tief eingebettet in das umgebende Gewebe durch bindegewebige Septa von einander geschieden sind, welche oft so hoch wie der Durchmesser der Zellen selbst und dabei nicht selten so dick sind, dass Capillaren in ihnen Platz finden, welche man hier besonders auf Querschnitten (Taf. X. Fig. 16) aber auch bisweilen auf Längsschnitten sieht (Taf. X. Fig. 17). Ja, man kann sich sogar an Querschnitten der Drüsen davon überzeugen, dass diese Bindegewebssepta nach dem Lumen der Drüse zu oft noch breiter werden, so dass also die Oeffnung jeder einzelnen, kleinen, gerade von einer Labzelle eingenommenen Höhle enger sein muss als der Durchmesser der jene ausfüllenden Zelle, woraus, wie ich glaube, mit grosser Wahrscheinlichkeit folgt, dass diese Zellen nicht an der Drüsenwandung entlang zur oberen Oeffnung der Drüse hinaufrücken können, was man früher annahm. Auch muss nach diesem Befunde die Angabe mehr als zweifelhaft erscheinen, dass die Labzellen leicht sich ablösen, in das Lumen des Drüsenganges und aus diesem auf die freie Magenfläche gelangen, um hier sich auflösend den verdauenden Magensaft zu liefern. Dies kann ich um so weniger annehmen, als ich weder im Lumen der Labdrüsen noch in dem vorsichtig von der Oberfläche eines frischen Magens entnommenen Schleime jemals Labzellen gefunden habe. Vielmehr scheint auch hier jede einzelne Zelle ruhig an ihrem Standort resp. in ihrer Nische bleibend, wie eine kleine selbständige Drüse ihr flüssiges Secret zu bereiten und in das Lumen des Drüsenganges zu ergiessen. Dafür spricht auch das Aussehen des aus der Oeffnung jener kleinen Nischen hervorragenden Protoplasmatheiles der Labzelle, welcher stets unregelmässig rauh, wie zerfressen erscheint (Taf. X. Figg. 16 und 18). Aehnlich wie die Labdrüsen des Delphines verhalten sich in dieser Hinsicht diejenigen des Fuchses, Schweines und verschiedener anderer Säugethiere. Eigenthümlich ist die plötzliche Aenderung der Weite des Drüsenlumens, die auf der Grenze zwischen den in die bindegewebige Grundlage der Schleimhaut eingesackten Labzellen und dem Cylinderepithel des Ausganges eintritt, indem die hohen Cylinderepithelzellen auf der glatten Wandung stehen, welche durch die rundlichen Labzellen gleichsam ausgestülpt wird. Es wird also das Lumen des Ausganges einer solchen

Labdrüse gegen dasjenige des unteren Drüsentheiles gerade um so viel enger sein, als die radienartig gestellten Cylinderzellen diesen Gang verengen. Sehr anschaulich wird dies Verhältniss an gelungenen Labdrüsenquerschnitten, wenn sie gerade diesen durchaus plötzlichen Uebergang der beiden Zellenformen getroffen haben (Taf. X. Fig. 19).

Epithel der Dünndarmzotten.

Ein weit eingehenderes Studium als alle bisher berücksichtigten Verbreitungsbezirke der Becherzellen hat die Dünndarmschleimhaut hauptsächlich wohl aus dem Grunde erfahren, weil man hier vor Allem nach einem besonderen Apparate zur Aufnahme der Nahrungssubstanzen suchte. Dem entsprechend konnten denn auch gerade an diesem Orte den neueren Beobachtern die Becherzellen nicht entgehen, wenngleich sie, wie wir bald sehen werden, die verschiedensten, z. Th. völlig entgegenstehenden Deutungen erfahren mussten. Besonders weit gehen die Anschauungen der Forscher über das Zottenepithel auseinander. Die von den meisten als völlig gleichartig geschilderten Cylinderzellen desselben sollten nach Brücke[1]) oben nicht durch eine Membran geschlossen, sondern in ihrer ganzen Breite offen sein. Den schon früher entdeckten hellen Randsaum, welchen man in der Seitenansicht am oberen Ende bemerkt, erklärte Brücke nur für eine aufgequollene Schleimmasse, welche den Eingang in die Zelle verlege. Kölliker entdeckte indessen gleichzeitig mit Funke in demselben feine parallel der Zellenaxe ziehende Linien, welche er für den optischen Ausdruck von Poren hielt und fasste den Saum selbst mit Donders als einen verdickten Theil der Zellmembran auf. Dagegen behaupteten Brettauer und Steinach[2]), dass derselbe nicht eine feste Platte, sondern ein Aggregat von nebeneinander liegenden prismatischen Stücken, sogenannten Stäbchen sei, welche mit dem Zelleninhalt in näherer Verbindung ständen als mit der Membran. Wiegandt[3])

---

1) Denkschriften der Wiener Akademie. Bd. VI. p. 101.

2) Untersuchungen über das Cylinderepithel der Darmzotten. Sitzungsberichte der Wiener Akademie. XXIII. p. 311.

3) Untersuchungen über das Dünndarmepithelium. 1860.

erklärte die fragliche Bildung für ein auf die Aussenseite der das obere Zellenende schliessenden Membran abgeschiedenes Secret und die vielbeobachteten Streifen für den Ausdruck von Fältelungen desselben. Henle schloss sich in seiner Eingeweidelehre der Ansicht von Brettauer und Steinach an, indem er den Saum als aus feinen nebeneinander stehenden Härchen zusammengesetzt beschrieb. Dönitz[1]) endlich deutete denselben wieder wie Wiegandt »als ein Secret, welches aller Structur entbehrt, aber unter Umständen so eigenthümlich sich zerklüftet, dass der Anschein von Poren oder von Stäbchen dadurch erzeugt wird.« In Bezug auf die Verbindung der Epithelien mit dem Zottenstroma beschrieb zuerst Heidenhain, entgegen der früheren Vorstellung eines einfachen Aufsitzens der Cylinderzellen auf der bindegewebigen Grundlage mit breiter Basis, ein Eindringen derselben in das Zottenparenchym mit langen hohlen Ausläufern, welche mit Bindegewebszellen und durch diese mit dem centralen Chylusraum in offener Communication stehen sollten. Diese Angabe hat einerseits Zustimmung, andererseits lebhaften Widerspruch erfahren.

Meinen Beoachtungen zufolge stellt der helle Saum der sogenannten Deckelzellen des Zottenepitheles, wie auch Wiegandt es meinte, eine Secret-ähnliche Masse dar, welche mit der Zellmembran in keiner festen und continuirlichen Verbindung steht, also auch nicht deren Fortsetzung oder ein Theil derselben sein kann. Ich folgere dies aus dem Umstande, dass man bei verschiedenen Behandlungsmethoden, z. B. nach längerem Liegen der Zotten in Jodserum die Säume oft im Zusammenhang in Form einer grossen Platte von den Zellen sich lösen sieht. Und da es mir nicht möglich war, an dem oberen Ende der so ihrer Deckel entblössten Zellen noch eine schliessende Membran, die Wiegandt beschreibt, zu sehen, so muss ich annehmen, dass der Deckelsaum direct auf dem körnigen Zelleninhalt aufliegt und ähnlich wie die zähflüssige obere Masse der Magenzellen als ein Abscheidungs- oder Umwandlungsproduct des Protoplasmas aufzufassen ist. In der Seitenansicht ganz frischer, sorgfältig sogleich in Speichel untersuchter Zottenepithelzellen habe ich die von Kölliker und Funke entdeckte feine Streifung stets gesehen und halte sie demnach nicht wie Dönitz

1) Ueber die Schleimhaut des Darmcanales. Müller's Archiv. 1864.

für den Ausdruck einer unter Umständen eintretenden Zerklüftung oder wie Wiegandt für blosse Fältelungen, die nach dem Tode eintreten, sondern für die Andeutung einer diesen Bildungen im lebenden Organismus zukommenden eigenthümlichen Structur.

An den nach längerem Verweilen der Zellen in Jodserum abgelösten Deckeln, welche auch bequem in der Fläschenansicht studirt werden können, nahm ich bei starken und guten Vergrösserungen eine Menge kleiner heller Kreise oder bei anderer Einstellung dunkler Puncte wahr und kann deshalb die in der Seitenansicht bemerkbaren dunklen Linien nicht für Fältelungen wie Wiegandt, auch nicht für Grenzlinien nebeneinanderstehender Stäbchen oder Haare, wie Brettauer und Steinach und Henle halten, sondern muss dieselben mit den ersten Entdeckern, Kölliker und Funke, für den optischen Ausdruck feiner den Grenzsaum durchsetzender Canälchen erklären. Freilich konnte auch ich häufig die Deckel in Stücke zerfallen sehen, besonders wenn sie bei langsamem Aufblähen des Zelleninhaltes sehr stark vorgewölbt wurden, allein hierbei gerade muss man am ersten den Eindruck eines künstlichen Zerklüftens oder Zerbrechens erhalten. Von röhrenartigen Ausläufern der Zellen, welche in das Zottenparenchym eindrängen, habe ich Nichts sehen können. Allerdings bemerkt man an diesen Cylinderzellen besonders nach etwas zu starker Erhärtung häufig ein dünnes fadenförmiges, oft noch in zwei oder mehrere Aeste auslaufendes unteres Ende, indessen übertreffen solche Gebilde die übrigen unten quer abgestutzten Zellen weder an Länge, noch kann ein Eindringen ihrer Ausläufer in die Zotten nach dem Aussehen derselben für wahrscheinlich gehalten werden. Bei zweckmässiger Maceration erscheint der untere Theil der Zellen gewöhnlich leicht konisch verjüngt oder auch ganz cylindrisch; das erstere gewöhnlich auf der Spitze der Zotte oder da, wo kleinere, tiefliegende (junge) Zellen die Oberfläche nicht erreichen und die Fussstücke der übrigen in der seitlichen Ausdehnung beeinträchtigen. Das unterste quer abgestutzte Ende der Deckelzellen fand ich stets unregelmässig rauh.

Zwischen diesen mit einem hellen Saum versehenen Cylinderzellen sind nun schon von mehreren Beobachtern andersartige Gebilde bemerkt, aber in der verschiedensten Weise beschrieben und gedeutet worden. Donders[1]) erwähnte und zeichnete in einzelnen

---

1) Physiologie, 2. Aufl. p. 320. Fig. 88.

Zottenepithelzellen besonders grosse Kerne, im Begriff ausgestossen zu werden. Brettauer und Steinach[1]) fanden nach Behandlung der Zotten mit einer verdünnten Lösung von phosphorsaurem Natron zwischen den gewöhnlichen etwas gequollenen Deckelzellen mit abgehobener Membran andere Elemente in reicher Zahl, welche ihnen inhaltsleere, oben deutlich offene und scharf conturirte Zellenhäute zu sein schienen. Die Oeffnung dieser Gebilde, deren oft spitz zulaufendes unteres Ende das Licht in der Regel stärker brach als der obere Theil, fand sich rein gezeichnet, glatt, durchaus nicht gerissen. Jene Forscher sind der Ansicht, dass der ganze Inhalt mit dem ansitzenden Deckel aus der so zurückgebliebenen Zellmembran herausgeschlüpft sei und fassen die ganze Erscheinung als durch die verändernde Einwirkung des Reagens entstanden, diese Gebilde selbst als reine Kunstproducte auf. In der Arbeit von Wiegandt[2]) findet sich eine ähnliche Beschreibung von angeblich durch Wasser veränderten Zellen, deren Inhalt ausgetreten, an deren Mündung aber noch Rauhigkeiten, Reste der zerrissenen Basalmembran als unregelmässige Fetzen gefunden seien. An Zottenquerschnitten, wo die Epithelzellen von der Seite betrachtet werden können, sowie bei Flächenansichten bemerkte Wiegandt ferner hie und da in der Epitheldecke hellere Stellen, ungefähr von der Form und Grösse einer einzelnen Zelle, welche er für Lücken erklärte, entstanden durch das Ausfallen alter abgängiger Epithelzellen gewöhnlicher Art. Auch Dönitz[3]) sah jene von Brettauer und Steinach und Wiegandt als künstlich entleerte Zellhüllen gedeuteten Elemente als durch Diffusion entstandene Kunstproducte an. Er fand dieselben um die Hälfte kleiner als die normalen Zellen und einen etwa vorhandenen Kern stets am spitzen Ende liegend, nahm darnach an, dass der untere Theil der Zelle, deren ganzer Inhalt sammt dem Saum und ein entsprechender Theil der Zellmembran entfernt sei. Henle[4]) dagegen beschrieb diese Gebilde folgendermassen: »Im Darm frisch getödteter Thiere findet man zwischen den eigentlichen Epithelialcylindern ver-

1) Untersuchungen über das Cylinderepithel der Darmzotten und seine Beziehung zur Fettresorption. Wiener Sitzungsber. XXIII p. 311.

2) Untersuchungen über das Dünndarmepithel. Diss. Dorpat. 1860.

3) Ueber die Schleimhaut des Darmcanales. Müllers Archiv. 1864. p. 379 und Taf. X, fig. 7.

4) Handbuch der Eingeweidelehre des Menschen. 1862. p. 165.

einzelte, in grösserer oder geringerer Zahl mehr oder minder regelmässig zerstreute Körperchen, die sich in der Flächenansicht, wie helle glänzende Kugeln zwischen den mattkörnigen und polygonalen Endflächen der Cylinder ausnehmen (l. c. Fig. 119, A.), in der Profilansicht zuweilen über die letzteren hervorragen. Sie sind bauchigen Trinkgläsern oder dem Kelch sogenannter Römer ähnlich gestaltet, meist etwas breiter als die Epithelialcylinder, die verengte kreisförmige Mündung gegen die Darmhöhle gerichtet; an den der Mündung gegenüberliegenden Grund schliesst sich bald nur ein schmaler körniger Saum, bald eine Art Stiel, welcher in Form und körniger Beschaffenheit dem spitzen Ende der Epithelialcylinder gleicht und nicht selten auch einen Kern enthält. Zuweilen ist die ganze Wand des becherförmigen Theiles grobkörnig, so dass diese Körperchen im Profil dunkler aussehen als die eigentlichen Epithelialcylinder. Ich muss es unentschieden lassen, ob jene Körperchen umgewandelte Epithelialcylinder oder Formelemente eigner Art sind.«

Auch scheint derselbe Autor nicht abgeneigt, die becherförmigen Körper ihrer Form nach für besonders geeignet zur Aufnahme des Chymus zu halten (l. c. p. 166). Als Haupttheile eines besonderen Apparates, welcher zur directen Aufnahme der verdauten Nährstoffe (Fette und Eiweisskörper) aus dem Darmlumen dienen soll, hat endlich vor Kurzem Letzerich[1]) diese Elemente aufgefasst und in eigenthümlicher Weise beschrieben. Er schildert sie als ausgebauchte, birn-, spindel- oder kelchförmige, ja beim Schweine fast kuglige, oben mit einer rundlichen Oeffnung versehene Hohlgebilde, welche mit einem verschmälerten schlauchförmigen Fortsatze in das Stroma der Zotte eindringen. Dieser hohle Fortsatz steht nach Letzerich in Verbindung und in offener Communication mit einem früher noch nicht gekannten mehr oder minder weitmaschigen Röhrennetze, welches das Bindegewebe der Zotte durchsetzend direct in den centralen Chylusraum einmünden soll. Der ganze Resorptionsapparat in Letzerich's Sinn würde demnach als ein System von Schläuchen erscheinen, welche offen zwischen den Cylinderzellen beginnen und in das centrale Chylusgefäss der Zotte einmünden. Diejenigen Theile der Schläuche, welche zwischen den Cylinderzellen liegen, sollen sich bei der Resorption ausdehnen und in diesem ausgedehnten, angesaugten Zustande die

1) Virchows Archiv. Bd. XXXVII. p. 232.

sogenannten Vacuolen oder becherförmigen Zellen bilden. Letzerich führt ausser dieser eigenthümlichen anatomischen Einrichtung noch die Ergebnisse einiger physiologischen Experimente für seine Ansicht, dass gerade die Becherzellen die Resorptionsorgane darstellen, an. Er fütterte verschiedene Thiere mit wenig Fett und fand dann einige Stunden später die sämmtlichen Becherzellen gefüllt mit einer dunkel-körnigen Masse, die er für Fetttröpfchen hielt. Da nämlich bei starker Fettfütterung eine schon von vielen früheren Beobachtern, E. H. Weber, Funke u. a. constatirte Anfüllung der gewöhnlichen Deckelzellen mit höchst fein vertheiltem Fett, eine dunkle Trübung des oberen Theiles ihres Zelleninhaltes eintritt, so glaubte Letzerich diese bekannte Erscheinung als einen pathologischen Zustand ansehn zu müssen und suchte denselben dadurch zu vermeiden, dass er nur eine verhältnissmässig geringe Quantität Fett eingab. Nach solchen Fütterungsversuchen mit wenig Fett fanden sich nun nicht allein die Becherzellen, sondern auch ihre unteren verschmälerten Fortsätze, sowie das im Zottenparenchym gelegene Röhrennetzwerk mit einer feinkörnigen, für Fett gehaltenen Masse erfüllt. Ausserdem will Letzerich auch an frisch abgeschnittenen Zotten das Einschlüpfen kleiner Fetttropfen in die Becherzellen direct beobachtet haben. Um auch den Uebergang von Eiweisskörpern durch diese sogenannten Resorptionsorgane in das Chylusgefäss, zunächst ihr Eindringen in die Becherzellen zu demonstriren, wurde Säugethieren mit Kochsalzlösung versetztes Eiweiss eingegeben. Nach $2^1/_2$ bis $3^1/_2$ Stunden wurden die Zotten leicht abgewaschen, mit einer schwachen Arg. nitric.-Lösung behandelt und dem Lichte ausgesetzt. Es zeigten sich alsdann die sämmtlichen Becherzellen mit feinkörnigem, fast schwarzem Inhalte erfüllt, die Cylinderzellen aber durchaus hell.

Meine eigenen Untersuchungen ergaben folgende Resultate. Zwischen den mit Randsaum versehenen Cylinderepithelzellen der Dünndarmzotten aller Wirbelthiere finden sich mehr oder minder reichlich andersartige Gebilde, welche ihrem ganzen Baue und übrigen Verhalten nach zweifellos zu den wahren Becherzellen zu rechnen sind. Schon an lebenden, in nicht alterirenden Lösungen, Speichel, Jodserum etc. untersuchten Zotten treten dieselben deutlich zwischen den gewöhnlichen oben beschriebenen Cylinderzellen hervor. Zunächst bemerkt man nämlich auf Flächenansichten des Zottenepitheles zwischen den hellen, fein punctirten, sechseckigen

Feldern der Deckelzellen hie und da unregelmässig verstreut rundliche Stellen von der Grösse eines Zellenquerschnittes, ausgezeichnet durch eine reichliche Anhäufung mattglänzender, rundlicher Körnchen (Taf. XI. Fig. 20). Stellt man auf den Rand der Zotte ein, so findet man bei der nun gewonnenen Seitenansicht des Epitheles, zwischen den ausser der Verdauungszeit stets hellen Deckelzellen, unregelmässig vertheilt länglich eiförmige Anhäufungen derselben mattglänzenden Körnchen, welche gewöhnlich mit einer kleinen rundlichen Kuppe über das Niveau der aneinanderliegenden Randsäume hervorragen und unter sich nach der Zottenaxe zu eine trübe feinkörnige Masse zeigen, in der ein heller längsovaler Kern mit oft noch deutlich erkennbaren Kernkörperchen enthalten ist (Taf. XI. Figg. 1, 10, 11, 14, 16, 20, 21, 22). Nach den Seiten hin erscheinen diese Zellen (denn so können wir sie nach dem Gesagten schon jetzt nennen) scharf begrenzt. Die dunkel- und grobkörnige obere Masse setzt sich gegen die feinkörnige untere, den Kern umgebende (Protoplasma) nicht ganz deutlich ab. Die obere vorragende Kuppe quillt häufig unter den Augen des Beobachters noch weiter vor und kann sich selbst als ein zähflüssiger Klumpen von der übrigen Körnermasse ablösen und davon schwimmen (Taf. XI. Fig. 1), Beweis genug dafür, dass hier eine deckende Membran fehlt. Auch habe ich mich auf das Deutlichste davon überzeugt, dass die aus den aneinanderstossenden Randsäumen der übrigen Zellen gebildete Decke hier über den Becherzellen eine rundliche scharf begrenzte Lücke besitzt. Der unterste Theil der Becherzellen entzieht sich leider bei dieser Art der Beobachtung dem Anblicke fast vollständig. Dies Alles gilt für die frisch untersuchten Dünndarmzotten von Thieren aller fünf Wirbelthierclassen, und zwar ebensowohl von hungernden als in der Verdauung begriffenen. Nur erscheint bei letzteren bisweilen die obere Partie der Becherzellen (die Theca) etwas strotzender mit dunklen Körnchen gefüllt. Nach voraufgegangenem reichlicheren Fettgenusse zeigten sich, wie auch frühere Beobachter berichten, in den gewöhnlichen Deckelepithelzellen, besonders in dem oberen Ende feine, stark glänzende Kügelchen (Fett) oft in zahlloser Menge, so dass eine dunkle staubartige Trübung bewirkt wurde.

Zum genaueren Studium des Baues der einzelnen Becherzellen wurde auch hier die mehrtägige Maceration der frischen Zotten in reiner oder verdünnter Müller'scher Lösung am Zweckmässigsten befunden. Bei dieser Behandlung verändert sich die im frischen Zustande

körnige Masse hier ebenso wie in allen Becherzellen zu einer hellen, nur leicht getrübten Substanz, welche gewöhnlich noch in grösseren Fetzen aus der oberen Zellenöffnung heraushängend gefunden wird. Die so isolirten Becherzellen der Dünndarmzotten stimmen mit den im einschichtigen Epithel der Mundhöhle und des Oesophagus gefundenen, oben ausführlich beschriebenen Elementen gleicher Art in allen wesentlichen Puncten überein. Wenn auch unter einander besonders hinsichtlich der Grösse und speciellen Form mannichfach differirend, besitzen doch alle eine bauchige, mehr oder minder lang gezogene, oben mit scharf begrenzter kreisförmiger Oeffnung versehene Theca, in dem unteren meistens etwas verschmälerten Fussende feinkörniges Protoplasma mit einem gewöhnlich deutlichen bläschenförmigen oder soliden Kerne. Bei Fischen und Amphibien sind die Becherzellen der Dünndarmzotten im Allgemeinen sehr langgestreckt, die Theca ebenfalls länglich, aber meistens nicht bis über die halbe Zellenlänge herabreichend. Doch giebt es auch einige Fische wie z. B. der Aal, Wels, Stör u. a., wo die Becherzellen kürzer sind und die Theca verhältnissmässig gross und sehr ausgebaucht ist (Taf. XI. Figg. 3, 4 und 5). Im Dünndarm des Flussneunauges habe ich keine Becherzellen, sondern ebenso wie im ganzen übrigen Darme nur Flimmerhaare tragende Cylinderzellen, wie ich Taf. XI. Fig. 9 abgebildet habe, angetroffen. Bei Reptilien und Vögeln zeigen die Becherzellen und deren Thecae mittlere Dimensionen. Kurz, mit breiter bauchiger Theca und relativ weiter Oeffnung fand ich sie bei den meisten Säugethieren, besonders auch beim Menschen (Taf. XI. Figg. 19—26). Was die Reichlichkeit ihres Vorkommens betrifft, so scheinen in Bezug darauf nicht unerhebliche Unterschiede sowohl unter den verschiedenen Thierarten als auch zwischen den einzelnen Individuen, ja selbst zwischen den Zotten verschiedener Gegenden desselben Darmes vorzukommen, doch liegen diese Schwankungen auch wieder innerhalb nicht allzuweiter Grenzen. Durchschnittlich sah ich je zwei Becherzellen durch drei bis sechs gewöhnliche Cylinderzellen getrennt. Besonders reichlich fand ich sie im Dünndarm des Störes, des Frosches, der Schildkröte (Emys) und von Säugethieren der Katze (Taf. XI. Fig. 19), wo meistens nur zwei bis vier Cylinderzellen die benachbarten Becherzellen trennen. Von Fortsetzungen der Becherzellen in das bindegewebige Stroma der Zotten hinein habe ich nirgends, weder an frischen noch gehärteten Präparaten, seien sie von verdauenden oder hungernden Thieren genommen,

etwas entdecken können. Das verschmälerte, unregelmässig zackige oder rauhe untere Ende sitzt hier, wie bei den Cylinderzellen, der Oberfläche des bindegewebigen Zottenstromas nur auf. Auch jenes von Letzerich beschriebene netzartige Canalsystem, in welches röhrenförmige Fortsätze der Becherzellen sich fortsetzen sollen, konnte ich nicht bemerken. Ueberhaupt stimmt die von Letzerich gegebene Beschreibung der Becherzellen mit meinen Beobachtungen nicht überein. Ich sehe vor allen Dingen im unteren Theile einer jeden gut conservirten Becherzelle einen deutlichen, hellen, gewöhnlich bläschenförmigen Kern, umgeben von feinkörnigem Protoplasma, und bin der Ansicht, dass diese Wahrnehmung so leicht und von Jedermann sofort zu machen ist, dass auch nicht der mindeste Zweifel bestehen kann. Demnach sind also die Becherzellen wirkliche, wohl charakterisirte Zellen und keine hohlen Schläuche wie Letzerich will. Die dunklen Körnchen, welche sich reichlich in der die Theca frischer Becherzellen füllenden [1]) Masse finden, erklärt Letzerich für Fett. Ich kann dies deshalb nicht annehmen, weil sie nicht den starken Glanz und die scharfen dunklen Conturen von Fetttröpfchen derselben Grösse haben, sondern nur einen matten Glanz zeigen und weniger scharfe Conturen besitzen. Jener Beobachter giebt an, dass die Becherzellen bei Thieren, welche verdauen, gefüllt seien. Ich fand dieselben indessen auch bei lange hungernden Thieren gefüllt und oft sehr reichlich. Ueberhaupt kann ich jener von Letzerich versuchten Deutung der Becherzellen als der Anfänge eines Resorptionsapparates für verdaute Nährstoffe um so weniger zustimmen, als ich einerseits die Ergebnisse der von ihm zur Erhärtung seiner Behauptung angestellten physiologischen Experimente nicht für beweisend oder auch nur überzeugend halte, andererseits bei meinen Untersuchungen durch gewichtige, ja zwingende Gründe zu der entgegengesetzten Auffassung von der Function jener Gebilde hingeführt bin. Der starken Füllung der Becherzellen, welche Letzerich nach seinen Fettfütterungen stets bemerkte, kann ich deshalb keine Beweiskraft für die Aufnahme von Fett in dieselben beimessen, weil ich, wie schon oben bemerkt, ihren Inhalt, der übrigens auch bei hungernden Thieren durchaus nicht fehlt,

1) Und ich muss gegen Letzerich behaupten, dass stets nur die Theca, also der obere Theil, nicht auch der untere mit solchen Körnchen gefüllt gesehen wird.

keineswegs für Fett ansehe. Meiner Ansicht nach ist dagegen die nach Genuss eines irgend erheblichen Fettquantums stets eintretende Anfüllung der gewöhnlichen Cylinderepithelzellen in ihrem oberen Theile mit feinen Fetttröpfchen, wie sie schon von E. H. Weber und nach ihm von vielen Anderen beobachtet und beschrieben wurde, nicht, wie Letzerich will, als eine pathologische, sondern als eine durchaus physiologische Erscheinung zu betrachten, welche uns den Weg angiebt, den das in der Resorption befindliche Fett nimmt. Ebensowenig gestehe ich den Versuchen Letzerich's in Bezug auf die Aufnahme von Eiweisskörpern beweisende Kraft zu. Dass sich aus einer auf die Zotten gebrachten Arg. nitric.-Lösung das Silber vorzüglich in der membranlosen zähflüssigen Masse, welche die Thecae der Becherzellen erfüllt, und nicht auch in und auf den durch ihren festeren und homogeneren Randsaum geschützten Cylinderepithelien niederschlägt, hat nach Allem, was wir über die Einwirkung jenes Reagens auf thierische Gewebe wissen, nichts Auffallendes und würde selbst mit grosser Wahrscheinlichkeit dann zu erwarten sein, wenn gar kein Eiweiss oder mit NaCl versetzte Eiweisslösung in die Becherzellen imbibirt wäre. Eine solche Diffusion der NaCl-Lösung in die zähflüssige Inhaltsmasse der Becherzellen kann aber auch immerhin geschehen sein, ohne dass daraus folgt, dass diese Elemente zur Resorption der zugleich vorhandenen Eiweisslösung und so etwa indirect zur Einführung derselben in den neutralen Chylusraum der Zotte dienen.

Ich muss ganz entschieden behaupten, dass die Becherzellen hier wie überall zweifellos Secretionsorgane darstellen, dass sie einzellige Drüsen sind, welche eine wahrscheinlich schleimartige Masse [1]) produciren, in dem Hohlraume ihrer bauchigen Theca aufspeichern und, sei es perpetuirlich, sei es zu gewissen Zeiten, etwa auf bestimmte Reize durch die obere Oeffnung ausgeben. Diesen Vorgang habe ich, wie oben berichtet, an den Becherzellen der Fisch-

1) Ich würde den von Leydig für die in der Fischoberhaut vorkommenden Elemente dieser Art zuerst gebrauchten Namen „Schleimzellen“ angenommen haben, wenn es sicher wäre, dass das gelieferte Product wirklich überall dasselbe, und zwar echter Schleim ist. Da dies aber nicht bewiesen und auch kaum ganz wahrscheinlich ist, so zog ich die nach der Form des oberen Theiles gewählte, keine Theorie involvirende Bezeichnung „Becherzellen“ vor.

oberhaut sehr deutlich direct beobachten können, wo man auch sonst wohl schwerlich an eine resorbirende Thätigkeit jener Gebilde würde gedacht haben. Ebensowenig wie dort kann die Vorstellung von der resorbirenden Function der Becherzellen an den anderen, zum Theil schon besprochenen, zum Theil noch zu besprechenden Localitäten ihres oft sehr reichlichen Vorkommens, wie z. B. in der Mundhöhle, in der Rachenhöhle, der Tuba Eustachii, der Trachea und den Bronchien, in den schlauchförmigen Drüsen des Darmkanales u. s. w. auch nur in Rede kommen; und doch unterscheiden sich die Becherzellen jener Gegenden in keiner Weise von denjenigen der Dünndarmzotten. Und wenn auch während der Verdauung die Füllung der Thecae an den Becherzellen des Dünndarmes zuweilen etwas reichlicher zu sein schien als vorher, so erklärt sich das wohl ganz einfach aus der Zunahme der Secretionsthätigkeit durch die bei jenem Acte stets gesteigerte Hyperämie. Auf ein Secerniren dieser Zellen deutet ferner der Umstand, dass der körnige Thecainhalt stets kuppenartig gewölbt durch die obere Oeffnung etwas vortritt.

Ausserdem sind in den gewöhnlichen Cylinderepithelzellen der Dünndarmzotten die Wege gefunden, auf welchen die verdauten Nahrungsmittel einwandern, wenn uns gleich der Mechanismus dieser Resorption selbst nicht bekannt ist.

Dickdarm-Epithel.

Mit dem Dünndarmepithel stimmt dasjenige der Dickdarminnenfläche im Wesentlichen überein. Schon frühere Beobachter haben bemerkt, dass auch hier an den Cylinderepithelzellen sich hyaline Randsäume finden, wenngleich nicht so breit und in die Augen fallend wie im Dünndarm. Ich habe an den gewöhnlichen Cylinderepithelzellen der Dickdarminnenfläche bei Wirbelthieren aller Classen einen hyalinen, gleichmässig und ziemlich stark lichtbrechenden äusseren Randsaum gefunden. Derselbe wich aber in mehrfacher Hinsicht von dem ähnlichen Saume der Dünndarmepithelien ab. Zunächst erschien er niemals so breit und so glänzend wie dort. Wenn auch die äussere Grenzlinie gewöhnlich scharf und gerade gesehen wurde, so liess sich eine innere Abgrenzung nicht so deutlich er-

kennen, sondern es schien, als ob der körnige Zelleninhalt mehr continuirlich in diese hyaline Endschicht übergehe. Im Enddarme von Triton taeniatus fand ich an den Grenzsäumen der Epithelzellen häufig ähnliche kugelförmige Erhebungen der stark lichtbrechenden hyalinen Substanz, wie sie auf den Epithelzellen der Mundhöhle desselben Thieres beobachtet wurden. Es gelang mir endlich nicht, in diesen Säumen eine deutliche Streifung zu erkennen. So scheint denn die hyaline Randschicht der Cylinderepithelzellen des Dickdarmes gleichsam eine Uebergangsform darzustellen zwischen derjenigen der Dünndarmzotten und der Mundhöhle oder Fischhaut.

Zwischen den so beschaffenen gewöhnlichen Cylinderzellen finden sich nun auch im Dickdarme Becherzellen von gleichem Baue und ähnlicher Ausbreitung wie im Dünndarme. Im frischen Zustande findet sich ihr oberer ausgebauchter Theil, die Theca, erfüllt mit der gleichen, aus mattglänzenden Körnern mit heller zähflüssiger Grundsubstanz bestehenden Inhaltsmasse wie dort, welche auch hier gewöhnlich in Form eines kleinen Hügels aus der Oeffnung hervorragend gesehen wird. Nach dem Erhärten in Müller'scher Lösung hellt sich dieser Inhalt ebenso wie bei den übrigen Becherzellen auf und quillt meistens aus der Oeffnung mehr oder weniger weit hervor. Alsdann tritt auch die rundliche scharf begrenzte obere Oeffnung der Theca, sowie der aus feinkörnigem Protoplasma mit inliegendem hellen, bläschenförmigen Kerne bestehende Inhalt des schmäleren Fusses deutlich hervor. Die Grösse dieser Becherzellen wechselt wie im Dünndarm bei den verschiedenen Wirbelthierclassen mit der Höhe des übrigen Epithels in der Weise, dass bei den Amphibien (Rana, Triton) die grössten, bei den Säugethieren im Allgemeinen die niedrigsten angetroffen werden. Dagegen erscheint die Theca für sich bei den letzteren und den Vögeln gewöhnlich ausgebauchter und rundlicher als bei den Amphibien und Fischen, wo dieselbe auch mehr auf den oberen Theil der schlankeren Zellen beschränkt ist, während sie bei den Säugethieren und Vögeln gewöhnlich über die Hälfte der ganzen Zelle ausmacht. Besonders reichlich fand ich die Becherzellen im Dickdarmepithel bei der Katze und der Kuh, wo sie meistens nur ein bis drei Zellenbreiten auseinanderstehen, während gewöhnlich drei bis sechs Cylinderzellen zwischen je zwei nächststehenden Elementen der Art angetroffen werden.

Das Epithel der Lieberkühn'schen Drüsen.

Das Epithel der schlauchförmigen sogenannten Lieberkühn'schen Drüsen des Dünndarmes und Dickdarmes stimmt so sehr überein, dass es hier in Einem abgehandelt werden kann. Es besteht aus Cylinderzellen und zwischenstehenden Becherzellen exquisitester Form. Die ersteren hat man sich bisher hier wie überall am freien oberen Ende mit einer Membran, einer Fortsetzung der allgemeinen Zellmembran geschlossen gedacht. Ich bin der Ansicht, dass ein solcher Verschluss an dieser Stelle nicht besteht, sondern dass auch hier jede derartige Zelle gleichsam oben offen ist und in ihrem oberen Theile mit einer mehr oder weniger weichen Masse erfüllt ist, welche den Eindruck eines hellen Saumes macht und als ein Secret des eigentlichen Zellenprotoplasma's aufzufassen ist. Doch bin ich hier in meiner Ueberzeugung nicht zu dem Grade der Sicherheit gelangt, wie bei dem Epithel der Innenfläche des Magens. — Von den im Epithel der Lieberkühn'schen Drüsen stehendenden Becherzellen scheint vor mir allein Donders Andeutungen gesehen zu haben, wenngleich seine Abbildung [1]) mit der beistehenden Erklärung den Beweis liefert, dass jener Forscher von dem eigentlichen Baue und der Function jener Gebilde noch keine richtige Vorstellung hatte. In der vorläufigen Mittheilung einiger Resultate meiner eigenen Forschungen über die Becherzellen, im medicinischen Centralblatt Nro. 11. Jahrgang 1866, habe ich auf das Vorkommen derselben in den Drüsen besonders Gewicht gelegt. In dem sieben Monate später erschienenen Aufsatze von Letzerich [2]) fand ich die kurze Notiz, dass seine sogenannten Resorptionsorgane auch in den Lieberkühn'schen Drüsen vorkommen.

In Betreff der Form, des Baues und der sonstigen Eigenthümlichkeiten der in diesem Drüsenepithel stehenden Becherzellen habe ich nur zu bemerken, dass sie durchaus mit den gleichen Gebilden des eigentlichen Darmepitheles übereinstimmen, sowohl im frischen als erhärteten Zustande, und kann in dieser Beziehung einfach auf die Abbildungen Taf. XI. Figg. 19 und 27, Taf. XII. Figg. 10 und 11 verweisen. Auch hinsichtlich der Reichlichkeit des Vorkommens rich-

1) Physiologie, Fig. 77. p. 269.

2) Virchow's Archiv. Bd. XXXVII. Heft. II.

ten sich die Becherzellen der Drüsen ganz nach dem Darm-Epithel. Bei mehreren aus dem Dickdarm der Katze gewonnenen Schnitten schienen die Becherzellen im Grunde der Drüsen reichlicher zu sein, als in der Nähe des Ausganges, was bei anderen Thieren, z. B. dem Cercopithecus, sowie beim Menschen nicht in der Weise hervortrat (Taf. XII. Figg. 10 und 11, Taf. XI. Fig. 27). Wie schon oben angedeutet, spricht gerade dies reichliche Vorkommen von Becherzellen in secernirenden Drüsen besonders eindringlich für meine Auffassung derselben als Secretionszellen und gegen diejenige Letzerich's als Resorptionsorgane. Es wird jedenfalls die Vorstellung eines Eindringens von verdauten Nahrungsmitteln bis in den Grund des doch gerade während der Verdauung mit fortwährend sich bildendem, also von unten nachströmendem Secret gefüllten Drüsenschlauches wenig annehmbar erscheinen.

Das Vorkommen der Becherzellen dehnt sich bei allen Wirbelthieren bis zum After hinab aus; bei den mit einer Cloake versehenen Amphibien, Reptilien und Vögeln habe ich auch stets im Epithele derselben noch reichlich Becherzellen angetroffen.

III. Das Epithel des Respirationscanales der durch Lungen athmenden Wirbelthiere.

Bei allen Luft athmenden Wirbelthieren ist der zur Einführung der Luft in die Lungen bestimmte Canal fast durchweg, von der Rachenöffnung bis zur Lungenhöhle ausgekleidet mit einem Flimmerepithelium. Dasselbe soll nach den bisherigen Anschauungen allein aus gewöhnlichen Flimmercylinderzellen bestehen. Nur darüber gehen die Ansichten auseinander, ob dieses überall nur ein einschichtiges sei (Henle, Reichert), oder ob nicht auch an gewissen Stellen ein geschichtetes Flimmercylinderepithel, d. h. ein geschichtetes Cylinderepithel, dessen oberste Zellen flimmern, anzunehmen sei (Kölliker u. a.). Hinsichtlich dieser Schichtungsfrage bin ich der Ansicht, dass allerdings wohl alle mit Flimmerhaaren besetzten Cylinderzellen mit ihrem unteren Ende die bindegewebige Grundlage erreichen, man also hiernach überall von einem einschichtigen Flimmercylinderepithel wird sprechen können, dass aber zwischen den meistens

beträchtlich verschmälerten unteren Enden jener flimmernden Zellen auch noch andere und zwar meist uncharakteristisch geformte, mehr rundliche oder unregelmässig eckige, wahrscheinlich jüngere Zellen liegen, welche natürlich keine Flimmern tragen, aber nach der bekannten Aufrückungstheorie als Ersatzzellen für die ausfallenden älteren Flimmerzellen anzusehen sind, und wahrscheinlich auch, wenn sie die freie Fläche erreichen, selbst Flimmercilien bekommen. An den eigentlichen Flimmercylinderzellen verdient das obere Ende besondere Beachtung. Hinsichtlich der Stellung der Cilien habe ich anzuführen, dass ich dieselben stets auf der ganzen oberen, quer abgestutzten Endfläche der Zellen stehen sah, den Angaben anderer Beobachter entgegen, welche sie auf den Umkreis der freien Zellenbasis beschränken, sie also als eine Fortsetzung der Zellmembran auffassen müssen[1]). Ich konnte mich an Flächenansichten ganzer abgelöster Flimmerzellenlagen auf das Deutlichste davon überzeugen, dass die dunklen, bei Verstellung des Focus oft hell aufleuchtenden punct- oder keilförmigen optischen Quer- oder Schrägschnitte der einzelnen Härchen über die ganze Endfläche jeder Zelle und zwar in ziemlich regelmässigen Abständen wahrzunehmen sind, und verweise hierbei auf die mit aller Sorgfalt nach den Präparaten angefertigten Abbildungen (Taf. XII. Fig. 13, Taf. X. Fig. 7). Die Flimmerhärchen selbst konnten von verschiedenen Beobachtern (Valentin und Buhlmann, Friedreich, Eberth) unter günstigen Bedingungen bis in das Protoplasma der Zellen hinein verfolgt werden. Wenn mir nun auch diese Beobachtung selbst direct nicht gelang, so kann ich doch folgende Wahrnehmung als für eine solche continuirliche Verbindung der Cilien mit dem Protoplasma sprechend anführen. In der eigenthümlichen stark lichtbrechenden Randschicht, welche man bei seitlicher Ansicht der Flimmerzellen an der freien abgestutzten Endfläche bemerkt, zeigen sich porenartige hellere Lücken, welche, so viel ich sehen kann, den Basen der Flimmerhaare entsprechen.

Solche Flimmerzellen sind nun aber nicht, wie man bisher annahm, die einzigen Elemente, aus denen das Epithel der Luftwege besteht. Ich habe überall zwischen diesen gewöhnlichen Flimmerepithelzellen wohlcharakterisirte Becherzellen in grosser

---

1) So heisst es zum Beispiel bei Hessling, Grundzüge der Gewebelehre des Menschen, 1866. p. 68: „Gewöhnlich stehen die Flimmercilien nur im Umkreise der freien Zellenbasis, selten auf ihrer ganzen Fläche.“

Menge angetroffen. Dieselben gleichen sowohl im frischen als im erhärteten Zustande durchaus den im Epithel der Mundhöhle und des Darmcanales beschriebenen Becherzellen. Untersucht man vom lebenden Thiere genommene dünne Schnitte der flimmernden Schleimhaut, so bemerkt man in der Seitenansicht der Epithelzellen auch hier zwischen den oberen Enden der hellen feinkörnigen Cylinderflimmerzellen dunklere länglich eiförmige Klumpen, bestehend aus gröberen mattglänzenden Körnchen in hellerer Grundmasse, welche ebenso wie die gleichen Gebilde im Darmepithel mit ihren kuppenförmigen oberen Enden über das Niveau der benachbarten Zellen hervorragen, sich also zwischen den Cilien, welche hier natürlich eine Lücke lassen, erheben. Unter jedem solchen Körnerhaufen sieht man ebenso wie in dem Fuss der Flimmerzellen einen hellen länglichen Kern (Taf. XII. Fig. 18). Nach der Behandlung mit Müller'scher Lösung stellen sich diese Massen als der helle leicht getrübte Inhalt der gewöhnlich gestreckten und zur Länge der ganzen Zellen relativ grossen Thecae von ebensovielen exquisiten Becherzellen heraus (Taf. XII. Figg. 12, 14, 15, 16, 17). Natürlich wird man nach Anwendung der Müller'schen Lösung bei Flächenansichten der Epithellagen da helle rundliche Lücken zwischen den mit Flimmercilien besetzten, also dunkel erscheinenden Endflächen der gewöhnlichen Cylinderzellen sehen (Taf. XII. Fig. 13), wo sich im frischen Zustande dunkelkörnige Haufen, eben die aus den Becherzellen hervorragenden Kuppen jenes eigenthümlichen Thecainhaltes zeigen.

Diese Verhältnisse habe ich nachweisen können zunächst in der Nasenschleimhaut bei Amphibien (Rana, Triton), Reptilien (Vipera, Emys) und verschiedenen Vögeln und Säugethieren, soweit hier überhaupt Flimmerepithel vorkommt. In der regio olfactoria fehlen meiner Erfahrung nach die Becherzellen. Es scheinen dort andere besondere Einrichtungen zu bestehen, um der so ausgezeichneten Epithellage jener Gegend die leicht zu beobachtende Succulenz zu geben. Dahin glaube ich ausser den in der Monographie der Riechschleimhaut von Max Schultze genau beschriebenen, in die bindegewebige Grundlage hinabreichenden, zahlreichen Drüschen, auch eigenthümliche, gerade hier sehr verbreitete, aber bisher noch nicht bekannte Papillen rechnen zu müssen, welche ausserordentlich lang, dabei aber sehr schmal und im Ganzen fingerförmig gestaltet, im Innern eine oder mehrere Capillarschlingen führend aus der bindegewebigen Grundlage zwischen die Epithel- und Sinneszellen hoch

hinaufragen. Es ist möglich, dass das doch wahrscheinlich schleimartige, zähflüssige Secret der gewöhnlichen Becherzellen einen für die Einwirkung der Riechstoffe auf die Riechzellenenden ungünstige Decke über diesem Epithel bilden würde.

Im Cavum pharyngo-nasale, im Kehlkopfe (mit Ausnahme der Stellen, wo geschichtetes Plattenepithel vorkommt), in der Luftröhre und den Bronchien findet man bei allen Luft athmenden Thieren, den Menschen eingeschlossen, zwischen den flimmernden Cylinderepithelzellen überall Becherzellen, wenn auch nicht überall gleich zahlreich. Gewöhnlich sah ich sie auch hier wie im Darm drei bis sechs Zellenbreiten auseinanderstehen, nur an einzelnen Stellen wie im hinteren Theile der Rachenhöhle und im Cavum pharyngo-nasale vieler Säugethiere standen sie auch dichter, nur durch zwei bis drei Flimmerzellen getrennt (Taf. XII. Fig. 13).

Eigenthümlicher Weise sind die Becherzellen, welche in den zuführenden Luftwegen der Wirbelthiere, wo sie doch so reichlich und weit verbreitet vorkommen, bisher von Niemand gesehen wurden, in einem anderen Theile des Respirationsapparates, wo ihr Vorkommen ein äusserst beschränktes ist, bereits beobachtet und im Wesentlichen richtig beschrieben und gedeutet worden. Gegenbaur[1]) fand nämlich schon vor einigen Jahren zwischen den Flimmerzellen, welche die nach Innen vorspringenden Balken der Lungen von Fröschen und Tritonen überziehen, länglich ovale, in ihrem oberen Theile mit einer körnigen Masse gefüllte, im unteren einen Kern mit Protoplasma besitzende Zellen, welche er »Körnerzellen« nennt. Die körnige Füllung des oberen Theiles dieser Elemente sah Gegenbaur mit einer halbkugligen Vorragung über die Oberfläche der übrigen Zellen, also zwischen die Cilien sich vordrängen. Er spricht die Ansicht aus, dass dieser vorragende Endtheil der »Körnerzellen« zeitweise »berste« und dann die körnige Masse ausfliesse, dass der untere Theil der Zelle aber erhalten bleibe, und fasst demnach die Körnchenzellen selbst als einzellige Secretionsapparate auf, welche von Zeit zu Zeit platzen und ihr Secret entleeren. Aus dieser Schilderung, der leider keine Figuren beigegeben sind, ist deutlich zu entnehmen, dass Gegenbaur wirklich Becherzellen vor sich hatte, nur weicht seine Auffassung darin wesentlich von der meinigen ab, dass er die über die Oberfläche

---

1) Müller's Archiv. 1863. p. 157.

hervorragende körnchen-haltige Masse noch von einer Membran eingeschlossen denkt, welche platzen oder bersten muss, um den Inhalt austreten zu lassen, während ich durch meine Beobachtungen zu dem Resultate geführt bin, dass diese körnige Inhaltsmasse der Theca von zähflüssiger Beschaffenheit der Membran oben völlig entbehrt und sich in Klumpenform ohne Weiteres ablösen kann. Gegenbaur konnte übrigens zu seiner Ansicht um so eher gelangen, als er die Becherzellen, wie es scheint, nicht mit erhärtenden und macerirenden Reagentien isolirt hat und deshalb die obere scharfrandige rundliche Oeffnung in denselben nicht kannte, sondern ein continuirliches Hinwegziehen der an der Seite der Zellen beobachteten Membran über die freie Endfläche annahm.

Wenn nun auch die bisher besprochenen Verbreitungsbezirke der Becherzellen bei den Wirbelthieren als die grössten und wichtigsten gelten müssen, so sind sie doch keineswegs die einzigen Fundorte dieser interessanten Gebilde. Schon Max Schultze[1]) sah im Nasengrubenepithel der Rochen überall da, wo keine Riechzellen vorkommen, zwischen den Zellen der obersten Lage zerstreut grosse, rundliche, blasig aufgetriebene »Schleimzellen.« Er schreibt ihnen einen kleinen, körnigen, der Wandung eng anliegenden Kern und wenig körniges Protoplasma zu und sah nach Einwirkung dünner Chromsäurelösungen einzelne »aufgebrochen, an der freien Seite mit einer weiten Oeffnung versehen, ohne Plasma und Kern« (?). Wie aus dieser Beschreibung und den beigegebenen[2]) Abbildungen hervorgeht, hatte jener Forscher hier wahre Becherzellen vor sich, die denn auch, wie ich mich selbst überzeugt habe, in dem Epithel der Nasengruben bei allen Fischen reichlich da zu finden sind, wo keine Riechzellen stehen. Diese Becherzellen stimmen übrigens in Form, Bau und Anordnung so vollständig mit den gleichen Elementen der Fisch-Oberhaut überein, dass ich füglich auf die für jene gegebene ausführliche Darstellung verweisen kann.

Von anderen Fundorten geringerer Ausdehnung hebe ich noch besonders die Tuba Eustachii hervor, in deren einschichtigem Flim-

---

1) Untersuchungen über den Bau der Nasenschleimhaut, p. 26.

2) l. c. Taf. IV. Figg. 2, 3, 4, 5.

mer-Cylinderepithel zahlreiche Becherzellen von gleicher Beschaffenheit wie im Cavum pharyngo-nasale vorkommen. Eine Abbildung des Epitheles der Tuba Eustachii vom Hunde habe ich in Fig. 20 auf Taf. XII gegeben.

Endlich mag es nicht überflüssig sein, auch einige Gegenden zu nennen, wo ich vergeblich nach Becherzellen gesucht habe. Hierher gehört vor Allem das Cylinderepithel der weiblichen Geschlechtstheile. Trotz sorgfältigen Suchens bei verschiedenen Wirbelthieren habe ich weder im Epithel des Uterus noch in demjenigen der Eileiter Becherzellen entdecken können. In dem frisch untersuchten Epithel der Gallenblase, des Ductus cysticus und Ductus choledochus fand ich sie nur beim Igel, nicht aber bei mehreren anderen Säugethieren, Kaninchen, Hund, Katze etc. In jenem vereinzelten Falle, beim Igel, zeichneten sie sich zwischen den mit hyalinen, stark lichtbrechenden Deckelsäumen versehenen hellen Cylinderepithelzellen, ähnlich wie die gleichen Gebilde im Flimmerepithel der Luftwege durch die dunkelkörnige Masse aus, welche die längliche Theca erfüllte und kuppenartig über das Niveau der Oeffnung hervorragt.

Ueber den Bau und die Verbreitung der Becherzellen bei den Wirbellosen hoffe ich in Kurzem ausführliche Mittheilungen machen zu können.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. VI—XII.

Taf. VI.

Fig. 1. Senkrechter Schnitt durch die oberste Partie der Epidermis der Störlippe, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 2. Durch Zerzupfen erhaltene Zellen aus der in Müller'scher Lösung macerirten Epidermis der Bauchkante von Petromyzon fluviatilis, a) aus der obersten, b) aus der mittleren, c) aus der untersten Lage. $^{600}/_{1}$.

Fig. 3. Oberste Cutis- und unterste Epidermis-Partie von der Seitenhaut eines Leuciscus erythrophthalmus, nach Maceration in Jodserum. $^{600}/_{1}$.

Fig. 4 a. Senkrechter Schnitt durch die ganze Epidermis von Gadus Callarias nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 4 b. Eine geschlossene und eine geöffnete Becherzelle ebendaher. $^{600}/_{1}$.

Fig. 5 a. Senkrechter Schnitt durch die Epidermis vom Rücken des Störes, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 5 b. Flächenansicht derselben Partie, 5 a von oben. $^{600}/_{1}$.

Fig. 5 c. Zwei isolirte geschlossene Becherzellen, ebendaher. $^{600}/_{1}$.

Fig. 6 a. Isolirte geschlossene Becherzelle aus der mittleren Lage der Epidermis von Acerina cernua, nach Maceration in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 6 b. Isolirte offene Becherzelle, ebendaher. $^{600}/_{1}$.

Taf. VII.

Fig. 1. Senkrechter Durchschnitt durch die Epidermis der Kopfhaut von Tinca Chrysitis, nach der Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 2. Senkrechter Durchschnitt der Epidermis von der Aussenseite der Oberlippe eines Cobitis fossilis nach der Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 3. Seitenansicht der Oberfläche einer frisch abgeschnittenen Bartel von Cobitis fossilis, untersucht in Speichel, gezeichnet $^{1}/_{4}$ Stunde nach dem Abschneiden. $^{600}/_{1}$.

Fig. 4. Senkrechter Durchschnitt durch die Epidermis der Bauchhaut eines erwachsenen Aales, nach der Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 5. Flächenansicht der Oberfläche einer frischen Kopfhaut vom Aal, untersucht in Speichel, gezeichnet 5 Minuten nach dem Abschneiden. $^{600}/_{1}$.

Fig. 6. Dasselbe Object Fig. 5 bei etwas tieferer Einstellung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 7. Senkrechter Durchschnitt durch die Epidermis der Seitenhaut eines vielleicht kranken Aales. Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Taf. VIII.

Fig. 1. Zellen aus der obersten Schicht der Epidermis von Petromyzon fluviatilis $^{600}/_{1}$, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung.

a) eine Zelle in der Flächenansicht von oben,

b) eine Zelle in der Seitenansicht.

Fig. 2. Becherzellen aus der Epidermis von Petromyzon fluv. nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

a) offene Becherzelle mit einer grossen Mündung;

b) eine Becherzelle, welche schon an der Oberfläche liegt, aber noch nicht eine grosse Oeffnung besitzt.

c) geschlossene Becherzelle aus den mittleren Epidermisschichten.

Fig. 3. Körnerzellen aus der Epidermis von Petromyzon fluviatilis, nach Maceration in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

a) Eine ganze wohl erhaltene Körnerzelle mit deutlich sichtbarem Kerne und zwei durch das Verbindungsstück zusammenhängenden Ausläufern.

b) Ein isolirtes Verbindungsstück mit zwei Ausläufern.

c) Eine Körnerzelle mit drei in einem Verbindungsstücke vereinigten Ausläufern.

Fig. 4. Grosse Kolben aus der Epidermis von Petromyzon fluv. nach Maceration in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$. An allen a—d bemerkt man die mit hellerer Masse gefüllten, am oberen Ende sich öffnenden Hohlräume.

Fig. 5. Senkrechter Durchschnitt durch die Epidermis einer dicht neben der Bauchkante gelegenen Hautpartie von Petromyzon fluviatilis, nach der Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 6. Senkrechter Durchschnitt durch die Epidermis der Seitenhaut von Petromyzon fluviatilis, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 7. Pigmentzellen aus der Epidermis des Welses nach der Maceration in Müller'scher Lösung, durch Zerzupfen isolirt. $^{600}/_{1}$.

Fig. 8. Senkrechter Durchschnitt durch die Epidermis eines jungen, 3 Ctm. langen Triton taeniatus, nach Erhärtung in Chromsäurelösung von 0,1%. $^{600}/_{1}$.

Fig. 9. Seitenansicht der Epidermis vom Finger eines lebenden erwachsenen Triton taeniatus, bald nach der Häutung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 10. Eine Pigmentzelle in verschiedenen Stadien ihrer Formveränderung, beobachtet in der Oberhaut der von einem lebenden Triton taeniatus abgeschnittenen Zehe.

a) Form der Zelle zu Anfang der Beobachtung,

b) nach 10 Minuten,

c) 30 Minuten später als b,

d) 30 Minuten nach c.

Fig. 11. Die beiden obersten Zellenlagen der Epidermis einer Rana esculenta, vom Kopfe. Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 12. Flaschenförmige Zellen aus der Epidermis einer erwachsenen Rana escul., von der Kopfhaut. Erhärtung in Müller'scher Lösung.

Fig. 13. Senkrechter Durchschnitt durch die Epidermis einer Rana esculenta. von der Kopfhaut. Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Taf. IX.

Fig. 1. Senkrechter Durchschnitt durch das Epithelium der Mundhöhlenschleimhaut von Cottus scorpius, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 2. Senkrechter Durchschnitt durch das Epithelium der Mundhöhlenschleimhaut von Silurus glanis, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 3. Senkrechter Durchschnitt durch das Epithelium der Zunge eines Triton taeniatus, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 4. Ein ähnlicher Schnitt, wie Fig. 3, von einer anderen Stelle derselben Zunge. $^{600}/_{1}$.

Fig. 5. Senkrechter Durchschnitt durch das Epithelium der Schleimhaut des harten Gaumens einer Rana esculenta, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 6 a—d. Einzelne isolirte Becherzellen aus dem Epithelium der Mundhöhlenschleimhaut (neben der Zunge) einer Rana esculenta, nach der Maceration in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 7. Seitenansicht des Epitheliums von einem Schnittchen aus der Rachenschleimhaut einer frisch getödteten Vipera Berus, in Speichel untersucht. $^{600}/_{1}$.

Fig. 8 a—e. Einzelne isolirte Becherzellen aus dem Epithelium derselben Gegend wie in Fig. 7, nach der Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 9. Senkrechter Durchschnitt durch das Zungenepithel einer Emys europaea, nach der Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 10. Senkrechter Durchschnitt durch das Epithelium des Oesophagus von Emys europaea, nach der Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 11. Senkrechter Durchschnitt durch das Oesophagus-Epithel vom Stör, nach der Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Taf. X.

Fig. 1. Zellen aus dem Magenepithel von Silurus glanis, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 2 Zellen aus dem Magenepithel von Acerina cernua, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 3. Zellen aus dem Magenepithel von Anguilla anguilla, nach Maceration in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 4. Zellen aus dem Magenepithel von Triton taeniatus, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 5. Zellen aus dem Magenepithel von Triton taeniatus, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 6. Zellen aus dem Magenepithel von Triton taeniatus, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 7. Flächenansicht des Magenepithels von Triton taeniatus, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 8. Seitenansicht des frischen Magenepithels von Triton niger, in Speichel untersucht. $^{600}/_{1}$.

Fig. 9. Seitenansicht des frischen Magenepithels eines jungen 1 Zoll langen Triton taeniatus, in Speichel untersucht. $^{820}/_{1}$.

Fig. 10. Eine Gruppe Magenepithelzellen von Rana esculenta, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 11. Flächenansicht einiger frischen Magenepithelzellen von Emys europaea, in Speichel untersucht. $^{600}/_{1}$.

Fig. 12. Seitenansicht des frischen Magenepithels von Emys europaea, in Speichel untersucht. $^{600}/_{1}$.

Fig. 13. Seitenansicht des frischen Magenepithels von Vipera Berus, in Speichel untersucht. $^{600}/_{1}$.

Fig. 14. Seitenansicht des Magenepithels von Falco milvus nach längerer Maceration in Speichel. $^{600}/_{1}$.

Fig. 15. Seitenansicht des frischen Magenepithels von Cercopithecus, in Speichel untersucht. $^{600}/_{1}$.

Fig. 16. Querschnitt einer Labdrüse aus dem Magen von Delphinus phocaena, nach Erhärtung in einer Chromsäurelösung von 0,15 $^{0}/_{0}$. $^{600}/_{1}$.

Fig. 17. Längsschnitt des mittleren Theiles einer Labdrüse aus dem Magen von Delphinus phocaena, nach Erhärtung in einer Chromsäurelösung von 0,15 $^{0}/_{0}$. $^{600}/_{1}$.

Fig. 18. Eine Labdrüsenzelle in ihrer Nische. Querschnitt einer Labdrüse aus dem Magen des Schweines, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 19. Querschnitt von Labdrüsen in ihrer oberen Partie, auf der Grenze des hellen Cylinderepithels und der rundlichen körnigen Drüsenzellen, aus dem Magen eines jungen Fuchses, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Taf. XI.

Fig. 1. Seitenansicht des frischen Dünndarm-Zottenepithels von Tinca Chrysitis, in Speichel untersucht. $^{500}/_{1}$.

Fig. 2. Zellen des Dünndarm-Zottenepithels von Tinca Chrysitis, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 3. Zellen des Dünndarm-Zottenepithels von Anguilla anguilla, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 4. Zellen aus dem Dünndarm-Zottenepithel von Gobius, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 5. Zellen aus dem Dünndarm-Zottenepithel von Silurus glanis, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 6. Zellen aus dem Dünndarm-Zottenepithel von Cottus scorpius, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 7. Zellen aus dem Dünndarm-Zottenepithel von Acerina cernua, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 8. Zellen aus dem Dünndarm-Zottenepithel von Leuciscus erythophthalmus, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 9. Zellen aus dem Dünndarmepithel von Petromyzon fluviatilis, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 10. Seitenansicht des frischen Dünndarmepithels eines in der Verdauung begriffenen Triton taeniatus, in Speichel untersucht. $^{320}/_{1}$.

Fig. 11. Seitenansicht des frischen Dünndarmepithels eines hungernden Triton taeniatus, in Speichel untersucht. $^{600}/_{1}$.

Fig. 12 und 13. Zellen aus dem Dünndarmepithel von Rana esculenta, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 14. Seitenansicht des frischen Dünndarm-Zottenepithels von Emys europaea, untersucht in Speichel. $^{320}/_{1}$.

Fig. 15. Flächenansicht des frischen Dünndarm-Zottenepithls von Emys europaea, untersucht in Speichel. $^{320}/_{1}$.

Fig. 16. Seitenansicht des frischen Dünndarm-Zottenepithels von Falco milvus, untersucht in Jodserum. $^{600}/_{1}$.

Fig. 17. Zellen aus dem Dünndarm-Zottenepithel der Taube, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 18. Flächenansicht des Dünndarm-Zottenepithels der Taube, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 19. Senkrechter Durchschnitt durch die Dünndarmschleimhaut der Katze, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{120}/_{1}$.

Fig. 20. Eine Dünndarmzotte von Erinaceus europaeus, frisch in Speichel untersucht. $^{600}/_{1}$.

Fig. 21. Seitenansicht des Dünndarm-Zottenepithels von Cercopithecus, frisch in Speichel untersucht. $^{600}/_{1}$.

Fig. 22. Seitenansicht des Dünndarm-Zottenepithels vom Hunde, frisch in Speichel untersucht. $^{600}/_{1}$.

Fig. 23. Zellen aus dem Dünndarm-Zottenepithel des Hundes, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 24. Zellen aus dem Dünndarm-Zottenepithel des Kaninchens, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 25 und 26. Zellen aus dem Dünndarm-Zottenepithel des Menschen nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 27. Senkrechter Schnitt durch den Grund einer Lieberkühn'schen Dünndarmdrüse des Menschen, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Taf. XII.

Fig. 1 und 2. Zellen aus dem Enddarmepithel von Acerina cernua, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 3. Enddarmepithel von Silurus glanis, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 4. Enddarmepithel von Rana esculenta, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 5. Enddarmepithel von Triton taeniatus, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 6. Dickdarmepithel von Falco milvus, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 7. Flächenansicht des Dickdarmepithels von Falco milvus, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 8. Dickdarmepithel vom Kaninchen, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 9. Flächenansicht des Dickdarmepithels von der Kuh, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 10. Der obere und unterste Theil einer Lieberkühn'schen Drüse aus dem Dickdarm der Katze, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 11. Dickdarmdrüse von Cercopithecus, frisch in Speichel untersucht. $^{600}/_{1}$.

Fig. 12. Zellen aus dem Epithel der Nasenschleimhaut vom Hammel, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. Bei 600maliger Vergrösserung noch etwas vergrössert gezeichnet.

Fig. 13. Flächenansicht des Epithels der Nasenschleimhaut vom Hammel, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. Bei 600maliger Vergrösserung noch etwas vergrössert gezeichnet.

Fig. 14. Becherzellen aus dem Epithel des Kehlkopfes vom Hammel, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. Bei 600maliger Vergrösserung noch etwas vergrössert gezeichnet.

Fig. 15. Epithel der Kehlkopf-Schleimhaut vom Hammel, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. Bei 600maliger Vergrösserung noch etwas vergrössert gezeichnet.

Fig. 16. Epithelzellen aus der Trachealschleimhaut der Katze, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 17. Becherzelle aus dem Epithel der Trachealschleimhaut von Cercopithecus, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 18. Seitenansicht des Epithels der Trachealschleimhaut von Cercopithecus, frisch in Speichel untersucht.

Fig. 19 a, b, c. Zellen aus dem Epithel der Trachealschleimhaut des Menschen, 12 Stunden nach dem Tode untersucht. $^{600}/_{1}$.

Fig. 20. Epithel der Tuba Eustachii des Hundes, nach Erhärtung in Müller'scher Lösung. $^{600}/_{1}$.

Ueber secernirende Zellen in der Haut von Limax.

Von

Max Schultze.

Im Anschluss an den vorstehenden Aufsatz von F. E. Schulze über die secernirenden Becherzellen vieler Häute, muss ich einer Arbeit gedenken, welche Dr. Pietro Marchi aus Florenz im Sommer 1866 unter meiner Leitung ausführte, deren Abschluss und Veröffentlichung durch die politischen Verhältnisse verhindert wurde. Dr. Marchi hatte es übernommen, den Secretionsorganen nachzuspüren, welche die enorme Masse Schleim liefern, welche die grossen Limax unserer Wälder abzusondern vermögen. Ich hatte früher die Beobachtung gemacht, dass, wenn man lebende Limax in mässig concentrirte Kochsalzlösung legt, die Schnecken in dieser Flüssigkeit ganz colossale Mengen Schleim von sich geben, bis sie nach Verlauf einiger Stunden sterben. Die Oberhaut bleibt dabei ganz wohlerhalten, ist also nicht etwa in Schleim aufgelöst worden. Es müssen besondere Secretionsorgane vorhanden sein, auf welche Dr. Marchi die Haut durchforschte, und welche er auch bald auffand. Es sind einzellige Drüsen von flaschenförmiger Gestalt, deren langer dünner Hals auf der Oberfläche des Körpers mit ziemlich feiner Oeffnung ausmündet, deren bauchig angeschwollener Zellenkörper ziemlich tief in die Lederhaut hineinzureichen pflegt. Sie sind von sehr verschiedener, zum Theil sehr ansehnlicher Grösse, nach Marchi's Messungen bis 0,43 Millimeter lang. Alle enthalten in ihrem angeschwollenen blinden Ende einen Kern und etwas körniges Protoplasma, der übrige Theil der Zellenhöhle ist von einer hyalinen,

blasse Körnchen einschliessenden Masse angefüllt. Die Zahl dieser Drüschen, welche, wie aus Obigem hervorgeht, den Becherzellen F. E. Schulze's durchaus analog gebaut sind, ist eine ganz enorme, so dass Flächenschnitte der Haut einem dicht durchlöcherten Siebe gleichen. Dr. Marchi bediente sich zur Erhärtung der Haut verschiedener Mittel, unter anderen Müller'scher Flüssigkeit und der Ueberosmiumsäure, in deren Lösungen während des Absterbens keine Schleimsecretion zu Stande kommt. Um die Elemente der Haut, namentlich die einzelligen Drüsen zu isoliren, leistete Maceration in einprocentiger Lösung von Kali bichromicum gute Dienste.

Dr. Marchi wollte die Untersuchung wieder aufnehmen und auch auf andere Schnecken ausdehnen. Wir werden demnach vielleicht einer ausführlicheren Mittheilung von ihm entgegensehen dürfen.

Ueber Hyalonema.

Von

Max Schultze. [1])

Die merkwürdigen Hyalonemen von Japan, über deren Natur die Ansichten der Forscher noch in mancher Beziehung auseinandergehen, sind kürzlich in den Annals and Magazine of nat. history (No. 106, Octob. 1866, p. 287) Gegenstand einer ausführlichen Besprechung gewesen. Dr. J. E. Gray, der berühmte Zoologe des britischen Museums, sucht an dem genannten Orte nachzuweisen, dass die Meinung mehrerer Naturforscher, welche die Hyalonemen zu den Spongien rechnen, verfehlt sei. Dagegen hält er den von ihm früher (1835) ausgesprochenen Satz aufrecht, dass der Kieselfadenstrang die Axe und das Product eines Polypen darstelle. Uebereinstimmend mit dem Inhalte der Monographie von Prof. Brandt in Petersburg [2]) classificirt er die Hyalonemen bei den Polypen und verweist eine am unteren Ende vieler Exemplare von Hyalonema beobachtete Spongie unter die Parasiten, während seine Gegner den Schwamm und den Kieselfadenstrang für zusammengehörig, den unzweifelhaften Polypen dagegen, welcher erstere gewöhnlich überzieht, für den Parasiten erklären.

Da ich grosse Aufmerksamkeit auf die Untersuchung einer

---

1) Dieser Aufsatz ist zuerst in englischer Sprache in den Annals and Magazine of natural history vol. XIX, 1867, No. 111, p. 153 veröffentlicht worden.

2) Symbolae ad polypos Hyalochaetides spectantes. Petersb. 1859.

beträchtlichen Zahl von Hyalonema des Museum in Leyden verwandt und die Resultate in einer ausführlichen Monographie veröffentlicht habe (Die Hyalonemen, ein Beitrag zur Naturgeschichte der Spongien, Bonn 1860) und später noch viele andere Exemplare in meinen Händen hatte, deren ich selbst einige sehr schöne besitze, so erlaube ich mir in der streitigen Angelegenheit ein Wort mitzusprechen in der Hoffnung, dass dasselbe zur Entscheidung der Wahrheit beitragen werde.

Ein Parasit ist also jedenfalls im Spiel und die Ursache der Meinungsverschiedenheiten. Es fragt sich nur, ist der Polyp der Schmarotzer auf der Spongie oder die Spongie der Schmarotzer auf dem Polypen. A priori lässt sich darüber nicht entscheiden, denn beiderlei Organismen, um die es sich handelt, leben als Parasiten, indem sie sich auf mancherlei fremden Körpern der See ansiedeln. Wir müssen also die Gründe zusammenstellen, welche für und wider die eine oder andere Art des Parasitismus sprechen.

Das Hauptargument für die Ansicht des Dr. Gray ist offenbar die, wie es scheint, constante Verbindung von einem Polypen mit Hyalonema, so dass der Polyp rindenförmig einen grössern oder geringern Theil des Kieselfadenstranges überzieht und zu letzterer in demselben Verhältnisse steht, wie z. B. die Gorgonien-Polypen zu der festen Axe. Die Polypenrinde haftet bei den trockenen Exemplaren unserer Sammlungen meist sehr fest und innig an den Kieselfäden, so dass Nichts natürlicher erscheint, als dass der Polyp die Fäden gebildet habe, mit andern Worten, dass die »Glass-Rope« die feste Axe der Polypenröhre darstelle. Dabei will ich darauf kein Gewicht legen, dass an fast allen Exemplaren, die ich in Leyden, in London, in Paris und in Berlin gesehen habe und ebenso an denen, die ich selbst besitze, und deren Zahl sich im Ganzen mit Einschluss der von Brandt abgebildeten auf mindestens ein halbes Hundert beläuft, der Polyp nur einen unvollständigen Ueberzug des Kieselfadenstranges bildet, denn offenbar ist bei einem Theile dieser Exemplare ein Theil des Polypenüberzuges künstlich oder durch zufällige Verletzung entfernt. Ich will auch darauf kein Gewicht legen, dass bisher kein anderer Polyp bekannt ist, dessen Axe aus lose verbundenen langen Fäden, wie bei Hyalonema, besteht, deren feuerbeständige Bestandtheile fast ausschliesslich Kieselerde darstellen, während man bisher nur Kalksalze in dem Skelet der Polypen kennt. Denn warum soll, wie Dr. Gray hervorhebt, nicht eine Ausnahme

von der Regel vorkommen. Auch könnten, wie ich hinzufüge, die verwandten Formen ja in frühern Schöpfungsperioden untergegangen sein. Bis hierher können wir also gegen Dr. Gray's Ansicht offenbar nichts Wesentliches einwenden.

Von ganz entscheidender Bedeutung ist dagegen folgender Punct, auf den ich in meiner Monographie bereits aufmerksam gemacht habe, und von welchem ich bedauere, dass Dr. Gray ihn mit Stillschweigen übergangen hat. Die langen Kieselfäden zeigen bei mikroskopischer Untersuchung eine Structur, welche ganz charakteristisch ist für Spongien-Nadeln. Für jeden Kundigen genügt es, darauf hinzuweisen, dass die Fäden dieselbe regelmässige, feine concentrische Schichtung besitzen und in der Axe einen feinen Centralcanal enthalten, wie er die Spongiennadeln vor allen ähnlichen Naturproducten auszeichnet, und jede Verwechslung mit anderen Skelettheilen niederer oder höherer Organismen ausschliesst. Ich kann hier als Gewährsmann für meine Ansicht den auf diesem Gebiete erfahrensten unter den lebenden Mikrographen, Ehrenberg, anführen, welcher, wenn auch in manchen Puncten abweichender Ansicht, doch keinen Augenblick zweifelte, dass die langen Kieselfäden Spongiennadeln seien. Ebenso hat Dr. Bowerbank, der berühmte Kenner der Spongien, die Hyalonema-Fäden sofort als Spongiennadeln erkannt. Hier ist ein Ausweg nicht möglich, das Mikroskop entscheidet unerbittlich, die Kieselfäden sind Spongiennadeln, ein Polyp kann sie also nicht gebildet haben. Wenn sie trotzdem von einem Polypen überzogen sind, so muss derselbe ein Parasit sein. Ich habe den Polypen der Gattung Palythoa untergeordnet und glaube damit auf dem rechten Wege zu sein. Nach Prof. O. Schmidt findet sich im adriatischen Meere ein ganz ähnlicher Polyp, welchen er auch der Gattung Palythoa anreiht, wiederum nur auf einer Spongie als Parasit. Es sind zwei Species der Gattung Axinella, welche immer mit diesem Parasiten bedeckt sind, welcher sonst auf keinem anderen Schwamm und auch auf keinem andern fremden Körper des adriatischen Meeres gefunden wurde (O. Schmidt, die Spongien des adriatischen Meeres. Leipzig 1862, fol. p. 61. Taf. VI. Fig. 2, 3). Es ist dies das vollkommenste Analogon zu dem Parasitismus von Palythoa fatua auf Hyalonema. Bekanntlich kommen solche Beispiele von dem ausschliesslichen Parasitismus gewisser Thiere nur auf einem bestimmten Wirth viele in der Natur vor.

Wenn es also unzweifelhaft feststeht, dass die langen Fäden

des Kieselfadenstranges Spongiennadeln sind, so gewinnt das Vorkommen eines Spongienkörpers an dem einen Ende desselben, von dem oben bereits die Rede war, eine besondere Bedeutung. Diese Spongie stellt an den Exemplaren, wo sie vollständig erhalten ist, wie z. B. an mehreren der von mir abgebildeten des Leydener Museums, einen birnförmigen Körper dar, welcher das untere Ende des Stranges vollständig umhüllt, so dass von demselben Nichts zu sehen ist. Die breite Basis der Spongie ist nach unten gekehrt, während mitten aus dem verschmälerten oberen Ende der Strang der langen Kieselfäden frei hervortritt. Die Spongie selbst besteht aus einem zierlichen Geflecht dichter Massen ganz kurzer Kieselnadeln.

Oeffnet man den Schwamm, indem man den dichten Filz der feinen Kieselnadeln durchbricht, so gewahrt man die langen Kieselfäden mit ausserordentlich fein ausgezogenen Enden in der Axe des Schwammes aufhören und in sehr charakteristischer Weise mit dem Gewebe desselben verbunden (Vergl. Taf. II. Fig. 1 meiner Monographie). Niemand, der eine solche Zergliederung vorgenommen hat, wird bezweifeln können, dass hier die innigste organische Verbindung zwischen der porösen Spongie und den langen Kieselfäden besteht, dass also Beide ein organisches Ganze bilden.

Aber an vielen Exemplaren der Sammlung fehlt die Spongie. Die Kieselfäden hören an beiden Enden frei auf. Ich habe eine grosse Zahl solcher Exemplare, welche der Spongie entbehrten, einer genauen Untersuchung unterworfen, und gefunden, dass überall, wo die unteren verfeinerten Enden der Kieselfäden überhaupt erhalten waren, diese immer durch deutliche Reste eines Schwamm-Gewebes untereinander verklebt waren. Bei mikroskopischer Untersuchung desselben zeigte sich stets eine vollständige Uebereinstimmung mit den Nadeln des Spongienkörpers jener erst beschriebenen Exemplare. Da ich so auch bei sehr unvollständigen, durch mechanische Insulte mannigfach verletzten Exemplaren, auch an denen, welche in Pholaden-Löcher von Steinen eingekittet gewesen waren, falls das untere Ende überhaupt erhalten war, immer die charakteristischen Reste der Spongie nachweisen konnte, so stehe ich nicht an, die Spongie am untern Ende der »Glass-Rope« als etwas ganz Constantes anzusehen.

Ich komme jetzt auf den letzten aber sehr wichtigen Punct, die mikroskopische Untersuchung der Nadeln der Spongie.

Dr. Gray sagt l. c. p. 292: »Prof. M. Schultze enters into

a long description of the spicula of the sponge, and figures several of them; but I cannot see what bearing that has on the subject; for he does not show that any spicula of a true sponge are like the spicula that form the axis of the coral. They certainly have little affinity to the elongated siliceous spicula of the Genus Alcyoncellum or Euplectella, with wich they have been compared.« In der That birgt meine »lange« Beschreibung der Nadeln der Spongie den unwiderleglichen Beweis der Zusammengehörigkeit letzterer und des Kieselfadenstranges, und stellt ausser Zweifel, dass die nächsten Verwandten von Hyalonema die auch in der äussern Form einigermassen ähnlichen Euplectella (Alcyoncellum Quoy und Gaimard) von den Philippinen sind.

Der Beweis liegt in der Form und feinern Structur der Nadeln der untern Spongie. Alle diese Nadeln haben trotz grosser äusserer Verschiedenheit etwas Gemeinsames, was den Nadeln anderer Spongien fehlt und daher die Hyalonema-Spongie scharf charakterisirt. Es ist das die Eigenthümlichkeit, dass der Längscanal, welchen die Nadeln zeigen, ziemlich genau in der Mitte einen oder zwei rechtwinklig aufsitzende Quercanäle besitzt. Sehr häufig sind die Nadeln an der Stelle, wo innen diese kurzen Quercanäle liegen, durch äusserlich sichtbare Verdickungen ausgezeichnet, die in längere Seitenäste auswachsen können. Hierdurch entstehen die von mir abgebildeten zahlreichen Kreuznadeln, welche den Hyalonema-Schwamm auszeichnen, und auch für die unbedeutendsten Reste des Schwammes, wie sie an den unvollständig erhaltenen Exemplaren oft allein übrig geblieben sind, ein charakteristisches, diagnostisches Kennzeichen abgeben. In andern Fällen fehlen die äussern Auftreibungen oder Seitenäste an der Stelle der Quercanäle gänzlich. Diese Quercanäle aber sind bei aufmerksamer Durchmusterung auch der ganz glatten pfriemenförmigen Nadeln immer zu finden (Vgl. Taf. III. Fig. 1 meines Buches). Ist aber diese Structur charakteristisch für sämmtliche Nadeln des Schwammes von Hyalonema, so lässt sich erwarten, dass, wenn die langen Fäden, wie nicht mehr zu bezweifeln, Theile dieses Schwammes sind, sie auch ihnen zukommen werde. Bei der Schwierigkeit an den längsten Nadeln, welche 1 bis $1^1/_2$ Fuss lang werden, den etwa vorhandenen feinen Quercanal in der Mitte des Längscanals zu finden, suchte ich die kürzesten Fäden des Kieselfadenstranges heraus, wie solche innerhalb des untern vom Schwamm umhüllten Endes bis zu der geringen Länge von wenigen Millimetern

vorkommen. Dass diese trotz ihrer Kürze dennoch den langen Fäden verwandt sind, lehrt ihre Structur und ausserordentlich bedeutende Dicke, welche ganz übereinstimmt mit derjenigen der dünnern unter den langen Fäden. Es sind die unzweifelhaften Uebergangsbildungen zwischen den kurzen Nadeln der Spongie und den langen der »Glass-Rope.« Diese kurzen dicken Nadeln sind selten, aber die wenigen Exemplare, welche ich fand, genügten vollständig, um die Richtigkeit meiner Vermuthung zu bestätigen. Dieselben besitzen ungefähr in der Mitte zwischen den beiden zugespitzten Enden den charakteristischen feinen Quercanal des Axencanals in voller Deutlichkeit, obgleich äusserlich an den Nadeln nicht die geringste Anschwellung an der betreffenden Stelle zu bemerken ist (vgl. Taf. II, Fig. 6 meines Buches). Nach diesem günstigen Resultate suchte ich denn auch bei den längern Nadeln nach und hatte das Glück an den herausgeschnittenen Mittelstücken derselben, nachdem sie in Canadabalsam eingekittet waren, auch hier den kurzen Quercanal des Axencanals zu entdecken.

Hiermit sind denn alle denkbaren Beweise für die Zusammengehörigkeit des Kieselfadenstranges und der Spongie gegeben, welche kurz recapitulirt folgendermassen lauten:

1) Die langen Kieselfäden sind nach ihrer Structur unzweifelhafte Spongiennadeln. Sie müssen also in einer Spongie entstanden sein.

2) Eine solche Spongie findet sich constant am unteren Ende des Kieselfadenstranges in organischem Zusammenhange mit demselben. Wenn der Strang auch verletzt und sein unteres Ende mit Kitt verschmiert ist, so lassen sich doch, sobald nur ein Theil der untern fein zugespitzten Enden der langen Kieselfäden erhalten ist, die Reste des Schwammes leicht nachweisen.

3) Die Spongie am untern Ende der langen Fäden hat ganz charakteristisch geformte Nadeln, insofern ihr Axencanal in der Mitte immer einen oder zwei rechtwinklig aufsitzende Quercanäle besitzt. Dieselbe charakteristische Beschaffenheit zeigen auch die längeren oder kürzeren Fäden des Stranges.

Hier ist noch folgendes wichtigen Umstandes Erwähnung zu thun. Unter allen bekannten Spongien ist allein die seltene und ausserordentlich zierliche Euplectella (Owen) von den Philippinen den Hyalonemen in der äussern Form einigermassen verwandt. Diese Euplectellen bestehen aus einem aus Kieselnadeln zierlich gefloch-

tenen Spongienkörper von walzenförmiger Gestalt, aus dessen oberem Ende ein Busch langer, seidenglänzender, dünner Kieselfäden hervorragt, in welchem Bowerbank Fäden von drei Zoll Länge gefunden hat. Ich habe vollständige Exemplare von Euplectella in Leyden untersucht und gefunden, dass auch die feinere Structur der Nadeln mit der von Hyalonema sehr nahe übereinstimmt. Gerade das wichtigste Kennzeichen der Hyalonema-Nadeln, der ein- oder zweifache Quercanal des Axencanals, wiederholt sich auch bei Euplectella. Dadurch ist trotz sonstiger mannigfacher Verschiedenheiten in der Nadelform die Verwandtschaft beider Gattungen erwiesen. Denn dieses Merkmal fehlt, soweit die bisherigen Untersuchungen reichen, allen andern Spongien. Dr. Gray hatte die grosse Freundlichkeit, mir kürzlich unaufgefordert von einer im britischen Museum neu angekommenen Euplectella von den Philippinen eine kleine Portion Nadeln zu übersenden. Die mikroskopische Untersuchung derselben hat ein vollkommen übereinstimmendes Resultat ergeben mit dem früher in Leyden gewonnenen. Auch diese Nadeln haben alle den Quercanal, und von den kreuzförmigen sind es die dreischenkligen (Taf. III, Fig. 15 meines Buches), welche überwiegen.

So ist denn, wie ich glaube, die Natur des Hyalonema hinreichend aufgeklärt und zugleich ein naher Verwandter dieses merkwürdigen Organismus gefunden. Wir haben es bei Hyalonema und bei Euplectella mit Kieselschwämmen zu thun, welche sich durch einen Busch langer Kieselnadeln auszeichnen, der aus einem Ende des Schwammkörpers hervorragt. Ich nenne danach diese Spongien Federbuschschwämme, »Lophospongiae« [1]. Sie bilden eine Familie mit zwei Gattungen, 1) Hyalonema (Gray) von Japan und 2) Euplectella (Owen) von den Philippinen.

Dr. Gray erwähnt in seinem mehrfach citirten Aufsatze eines seiner Ansicht besonders günstigen Exemplars von Hyalonema, welches Prof. Barboza de Bocage in Lissabon von einem Freunde erhielt, dem es portugiesische Schiffer brachten. Letztere wollten es an der dortigen Küste aufgefischt haben. Ich muss gestehen, dass das Studium des betreffenden Aufsatzes von Prof. Barboza in den Proceedings of the zoological Society of London, Juni 1864, auf mich nicht den Eindruck gemacht hat, als könne dieses portugiesische Exemplar an dem Stande der Frage nach der Natur des Hyalonema

1) λοφος Federbusch.

das Geringste ändern. Denn solche Exemplare von Hyalonema, denen der untere Schwamm fehlt, gibt es sehr viele in Sammlungen; jede genauere Untersuchung derselben lehrt, dass sie verletzt sind. Dafür aber, dass das portugiesische Exemplar nicht verletzt gewesen, fehlt jeder Beweis. Ob wir, was eine andere Frage ist, nach den Mittheilungen des Prof. Barboza de Bocage wirklich den Hyalonemen eine weitere geographische Verbreitung als das Meer um Japan zugestehen dürfen, will ich nicht entscheiden. Jedenfalls würde ich es vorgezogen haben, weitere Mittheilungen über das Vorkommen von Hyalonemen an der portugiesischen Küste abzuwarten, ehe ich es gewagt hätte, Lusitanien neben Japan als sichern Fundort dieser merkwürdigen Schwämme anzuführen.

Zusatz. Dr. Bowerbank hat, wie ich aus dem mir nach Abschluss obiger Zeilen zugehenden Novemberheft der Annals and Magazine etc. ersehe, in einer daselbst p. 397 veröffentlichten Replik gegen Dr. Gray in Uebereinstimmung mit meiner Ansicht hervorgehoben, dass Hyalonema keine Koralle, sondern eine Spongie sei. Da er, wie ich glaube, seine Ueberzeugung von der Zusammengehörigkeit des Kieselfadenstranges und der unten ansitzenden Spongie nicht mit so schlagenden Gründen zu vertheidigen gewusst hat, wie dies meiner Ansicht nach in dem Obenstehenden geschehen ist, so halte ich die Veröffentlichung meiner Bemerkungen nicht für überflüssig. Dr. Bowerbank verspricht eine ausführliche Monographie über Hyalonema, in welcher er zu beweisen gedenkt, dass der Polypenüberzug des Kieselfadenstranges kein Polyp, sondern ebenfalls ein Theil der Spongie sei (a cloacal system). Wir haben hier also eine dritte Ansicht über die Natur von Hyalonema, welcher gemäss die Theilnahme eines Parasiten an dem Aufbau desselben ganz ausgeschlossen ist.

Dr. Bowerbank stützt seine Ansicht darauf, dass dieselben kreuzförmigen Spicula, welche characteristisch für die Hyalonema-Spongie sind, auch in dem vermeintlichen Polypen-Ueberzuge vorkommen. Ich gebe zu, dass dies Verhältniss sehr verführerisch ist, der Meinung von Dr. Bowerbank beizustimmen. Auch gestehe ich, dass ich nach den ersten mikroskopischen Untersuchungen der Exemplare in Leyden dieselbe Ansicht hegte, wie Dr. Bowerbank sie ausspricht (vergl. Comptes rendus etc. v. 23. April 1860, p. 792). Die genauere Untersuchung der betreffenden Rinde beweist aber

unwiderleglich, dass dieselbe aus Polypen besteht und kein Theil der Spongie ist. Nach dem Aufweichen der Rinde in Wasser und namentlich in verdünnter Kalilauge treten nicht nur, wie dies Gray, Brandt u. A. beobachtet haben, an gut erhaltenen Exemplaren die Tentakeln der Polypen in characteristischer Form zu Tage (vergl. Taf. V., Fig. 4 meiner Monographie), sondern die starken Vergrösserungen des Mikroskopes weisen auch nach, dass die Tentakeln und viele andere Theile der Polypen mit unverkennbaren Nesselorganen besetzt sind. Dieselben besitzen z. Th. eine verhältnissmässig ansehnliche Grösse, zeigen einen innen aufgerollten Faden, wie die frischen Nesselorgane der Polypen und Medusen, und lassen auch nicht den geringsten Zweifel übrig, dass wir es hier mit echten Polypen zu thun haben. Dies Alles habe ich bereits 1860 in meiner oben citirten Monographie der Hyalonemen ausführlich beschrieben und mit Abbildungen erläutert. Dr. Bowerbank hat dieser Thatsachen keine Erwähnung gethan. Auch in seinen Abhandlungen in den Philosophical transactions vol. 152, part. II, 1863, p. 747 und 1087, in welchen er die Kieselnadeln von Hyalonema Plate XXXI, Fig. 2—6 abbildet, findet sich kein Hinweis darauf, dass ich mehrere Jahre früher diese Nadeln bereits, wie ich glaube noch dazu viel vollständiger, kennen gelehrt habe.

Nach dem Vorstehenden kann der Umstand, dass in der Haut der Polypen zerstreut Kieselnadeln eingebettet sind, keinen Beweis mehr abgeben, dass wir es in diesen Polypen nur mit einem »cloacal system« der Spongie zu thun hätten, wie Dr. Bowerbank meint. Denn wir wissen, dass die Polythoa und andere Zoanthiden fremde Körper in ihre Substanz aufnehmen. Solche fremde Körper sind offenbar auch die Kieselnadeln in der Polypenrinde von Hyalonema, da sie, wie ich beschrieben habe, gemischt mit Sandkörnern, Polythalamienschalen und anderen Gebilden vorkommen.

Dr. Bowerbank nennt den Schwamm Hyalonema mirabilis. An dem Namen an sich ist gewiss nichts auszusetzen, aber Dr. Gray hat dasselbe Gebilde bereits 1835 Hyalonema Sieboldi genannt. Die ersten Exemplare kamen, soviel wir wissen, durch den berühmten japanischen Reisenden von Siebold nach Europa. Der Name ist also gewiss sehr passend, und da er die Priorität hat, denke ich, werden wir ihn wohl beibehalten. Zur Unterscheidung zweier verschiedener Species liegt aber nach meinen Erfahrungen nicht der geringste Grund vor.

Ueber Stäbchen und Zapfen der Retina.

Von

Max Schultze.

Hierzu Taf. XIII.

Ich habe in meiner im 2. Bande dieses Archivs abgedruckten Abhandlung über die Netzhaut des Auges darauf hingewiesen, wie wichtig für eine Theorie des Sehvorganges die Trennung der percipirenden Elemente, der Stäbchen und Zapfen, in zwei wesentlich verschiedene Abtheilungen, in Innen- und Aussenglied zu sein scheine. Die einfachste Betrachtung musste lehren, dass es sich bei dieser Trennung u. A. um eine Vorrichtung handle, durch welche eine ansehnliche Menge des einfallenden Lichtes reflectirt werde. Um die physikalischen Vorgänge bei dem Durchgange der Lichtstrahlen hier genauer zu übersehen, genügte aber die bisherige Kenntniss der Structur- und Lichtbrechungsverhältnisse der Stäbchen und Zapfen nicht, und da ich mich in der angeführten Abhandlung wesentlich mit anderen Fragen zu beschäftigen hatte, verwies ich auf eine demnächst zu gebende ergänzende Mittheilung. Diese erlaube ich mir hier nachzubringen. Der Inhalt derselben ist freilich, der Natur des unseren optischen Hülfsmitteln sich vielfach entziehenden Gegenstandes gemäss, leider mehr geeignet neue Fragen anzuregen, als zu befriedigen. Dennoch ist aus demselben bereits der Versuch einer Theorie der Lichtperception hervorgegangen, über welchen der Schluss dieses Aufsatzes einige Andeutungen enthält.

Es kam mir bei den hier mitzutheilenden Untersuchungen wesentlich darauf an festzustellen, wie die Stäbchen und Zapfen im

lebenden Zustande aussehen, und nach welchen Richtungen hin die Aussen- und Innenglieder Verschiedenheiten darbieten. Man kann dabei nicht schnell genug sein, namentlich wenn man warmblütige Thiere vornimmt, wie schon Hannover sehr richtig hervorgehoben hat [1]), dem wir die ersten ausführlicheren Angaben über Stäbchen und Zapfen verdanken. Ich untersuchte also die dem eben getödteten Thiere entnommene Retina zunächst immer in humor aqueus, vitreus oder Jodserum. Letztere Flüssigkeit ist bei kleinen Augen, welche nicht die genügende Menge Serum zur Anfertigung der mikroskopischen Präparate enthalten, sehr werthvoll, wenn auch die Veränderungen, welche die zersetzbarsten Theile der Retina nach dem Tode eingehen, in ihr oft etwas früher eintreten als in den Augenflüssigkeiten selbst. Um möglichst gute Präparate isolirter frischer Stäbchen und Zapfen zu erhalten, empfehle ich nach dem ersten Zerzupfen der Retina in Serum die grösseren Bruchstücke in einen neuen Tropfen derselben Flüssigkeit zu übertragen und erst in diesem nach abermaliger Anwendung der feinen Nadeln die Untersuchung vorzunehmen. Durch das erste Zerzupfen lösen sich eine Menge der leicht abfallenden Aussenglieder der Stäbchen ab und zwar gerade diejenigen, welche schon bei der Präparation gelitten hatten und bereits Veränderungen eingegangen sind. So bleiben in dem zweiten Präparate nur die besser conservirten übrig, auch ist das Gesichtsfeld nicht zu sehr mit frei schwimmenden Stäbchen und Bruchstücken von solchen erfüllt. Vor allen Dingen wird aber die Untersuchung der Zapfen durch diese Methode erleichtert, insofern diese Gebilde, welche ziemlich fest an der Retina haften, erst nach Ablösung eines Theiles der Stäbchen recht klar zum Vorschein kommen.

1. Die Stäbchen.

Das Auffallendste im Aussehen ganz frischer Stäbchen ist offenbar die scharfe Trennung in das Innen- und Aussenglied. Seit Hannover, welcher die beiden Theile vollkommen deutlich erkannt und abgebildet hat [2]), aber freilich deren Richtung verwechselte,

1) Müller's Archiv 1840, p. 320.

2) Recherches microscopiques sur le système nerveux 1844, Taf. IV, Fig. 52 vom Hecht, Taf. V, Fig. 60 vom Frosch.

indem er das Innenglied für den der Chorioides zugewandten Theil hielt, ist diese Trennung als eine auch an den frischesten Präparaten zu beobachtende und sehr in die Augen fallende erst von Braun[1]) und Krause[2]) näher gewürdigt. H. Müller kannte dieselbe sehr wohl, neigte jedoch dazu, sie für eine Leichenerscheinung zu halten[3]). Wie von den Zapfen längst bekannt ist, dass sie sich in einen Körper und das sogenannte Zapfenstäbchen scheiden, gerade so grenzen sich auch am Stäbchen zwei Theile ab, nur dass sie noch grössere Verschiedenheiten in ihrer Substanz darbieten. Braun zeigte, dass die Carminimbibition nur die Innen- nicht die Aussenglieder färbt; ich beobachtete eine entgegengesetzte Wirkung der Ueberosmiumsäure, in deren Lösungen die Aussenglieder schwarz werden, während die Innenglieder wenigstens auf längere Zeit ungefärbt bleiben. Die durch Aufquellen zu erzielenden Veränderungen bei Zusatz von Wasser, verdünnten Säuren und Alkalien sind an beiden Theilen, wie unten näher geschildert werden soll, total verschieden. Endlich zeigt sich in den optischen Eigenschaften beider ein wesentlicher Unterschied. Abgesehen von dem verschiedenen Glanz, welcher auf verschiedene Brechungsindices deutet, scheiden sich Innen- und Aussenglied, wie ich kürzlich beobachtete, dadurch von einander, dass letzteres das Licht deutlich doppelt bricht, wovon an ersterem Nichts wahrzunehmen ist. Die grossen Stäbchen des Frosches, welche zu diesen Beobachtungen besonders geeignet sind, bieten auf einem Glimmer- oder Gypsplättchen, welches das Gesichtsfeld zwischen zwei Nicol'schen Prismen färbt, bei richtiger Orientirung das eigenthümliche Schauspiel, dass das Aussenglied eine vom Gesichtsfeld abweichende Färbung annimmt (z. B. gelb oder blau auf roth erster Ordnung), während das Innenglied die Farbe des Gesichtsfeldes beibehält. Die Doppelbrechung ist nicht sehr stark und bei den dünneren Stäbchen der Säugethiere minder auffallend. Eine optische Axe liegt in der Längsrichtung, mit Rücksicht auf diese sind die Stäbchen positiv doppelbrechend. Präparate der ganz frischen Froschretina in Serum, bei welchen die Stäbchen in situ geblieben und alle aufrechtstehend dem Beobachter zugekehrt sind, genügen zur Constatirung der Thatsache, dass das Licht bei Durchstrahlung der

1) Sitzungsber. der Akad. d. Wiss. zu Wien 1860, Octob. Bd. 42, p. 15.
2) Nachrichten von der Kön. Ges. d. Wiss. zu Göttingen 1861, No. 2.
3) Zeitschr. f. wiss. Zoologie Bd. VIII, 1857, p. 8, 27, 47.

Längsrichtung keine Doppelbrechung erleidet. Die Bilder boten zwischen gekreuzten Nicols jedoch das Eigenthümliche, dass nur das Centrum der natürlichen Querschnitte der Stäbchen tief schwarz, der Rand eines jeden etwas heller erschien.

Die Verbindung von Aussen- und Innenglied wird vermittelt durch eine dünne Schicht einer besonderen, schwach lichtbrechenden Substanz, welche man die Kittsubstanz nennen könnte. Die sehr leicht eintretende Zerstörung dieser letzteren gibt Veranlassung zu der bei jeder, selbst der vorsichtigsten Manipulation an der frischen Retina sich vollziehenden Trennung von zahllosen Innen- und Aussengliedern, so dass die letzteren frei in der umgebenden Flüssigkeit herumschwimmen, während die ersteren grossentheils in Verbindung bleiben mit den übrigen Schichten der Retina. Beim Zerzupfen frischer Retina in Serum ereignet es sich aber namentlich bei Fischen sehr gewöhnlich, dass die Stäbchen mit den Innengliedern in Verbindung aus dem Zusammenhang gerissen werden. Solche isolirte Stäbchen sind dann vortrefflich geeignet, die Unterschiede und die Art des Zusammenhanges von Innen- und Aussengliedern zu beobachten, wie die Figg. 18 vom Hecht, 17 vom Aal, 16 vom Barsch, 15 von Salamandra maculata, 11 vom Frosch, 3 vom Schaaf zeigen. In allen Fällen ist das Innenglied gegen das glänzendere und demnach offenbar stärker lichtbrechende Aussenglied haarscharf abgesetzt, an seinem anderen Ende aber entweder mit einer kernhaltigen Anschwellung in unmittelbarer Verbindung (Fig. 11 a), oder, wie gewöhnlich bei den Fischen, in einen feinen blassen Faden ausgezogen, welcher eine ansehnliche Länge besitzen kann (Fig. 16, 17, 18 a). Dieser letztere ist die in die äussere Körnerschicht hineinreichende Stäbchenfaser, welche an erhärteten und macerirten Präparaten so schwer zu erhalten ist und früher oder später mit einem äusseren Korne in Verbindung tritt. Hie und da gelingt es durch Zerzupfung frische Stäbchen in dieser Verbindung in der befriedigendsten Weise zu isoliren, wie ich es z. B. beim Meerschweinchen gesehen und in Fig. 4 b abgebildet habe. Solche Präparate werden, denke ich, auch den letzten Zweifel gegen den Zusammenhang von Stäbchen mit äusseren Körnern lösen, da bei ihnen von durch Gerinnung erzeugten, nicht vorgebildeten Fäden und Verbindungen nicht die Rede sein kann. Die Faser ist von grosser Zartheit und Vergänglichkeit. Bei längerem Verweilen in Serum bilden sich an derselben Varicositäten, sodann schmilzt sie zu einem perlschnur-

förmigen Faden und endlich zu einigen kleinen Kügelchen ein. Gewöhnlich nimmt man sofort nach der Gewinnung des Präparates am Ende der Faser eine kleine Anschwellung wahr, gewissermaassen die erste Varicosität, der sich dann später im Verlaufe des Fadens andere mehr oder minder deutliche zugesellen. Die Consistenz der Substanz, aus welcher der Faden gebildet, ist offenbar eine sehr geringe; nur so erklären sich die schnell nach dem Tode unter dem Uebergewicht der diffundirend wirkenden serösen Flüssigkeit auftretenden partiellen Anschwellungen und endlichen Auflösungen. Sie stimmt überein mit derjenigen der ähnlich feinen, blassen, marklosen Fasern der Opticusschicht der Retina, welche im frischen Zustande in Serum isolirt sich in ganz ähnlicher Weise allmählig verändern. Die Varicositäten, welche sich an diesen und den Stäbchenfasern zeigen, treten ebenso und noch exquisiter bei günstiger Erhaltung in dünnen Lösungen von Chromsäure oder Ueberosmiumsäure auf, wie ich in meiner letzten Abhandlung ausführlich beschrieben habe.

Natürlich muss, falls die Stäbchenfaser eine Nervenfaser ist, woran zu zweifeln kein Grund vorliegt, und für welche Ansicht die gewichtigsten Thatsachen sprechen, in der Zwischenkörnerschicht und weiter in den übrigen Schichten der Retina ein Zusammenhang derselben mit Opticusfasern stattfinden. Ich habe diesen Zusammenhang in meinem letzten Aufsatz nirgends gezeichnet, weil ich ihn niemals gesehen habe. Wenn ich ihn aber auch in der schematischen Zeichnung Taf. XV, Fig. 2 nicht angedeutet habe, so ist dies ein Versehen, welches ich so schnell wie möglich wieder gut machen möchte, da es zu Missverständnissen Veranlassung geben könnte. Da ich die Stäbchen überall ausdrücklich als nervöse Gebilde bezeichne und dadurch ihre Continuität mit den Opticusfasern annehme, so kann zwar Niemand glauben, dass ich die knopfförmige Anschwellung der Stäbchenfaser an der Zwischenkörnerschicht als das *natürliche* und *definitive* Ende derselben ansehe, eine *schematische* Zeichnung wird aber die Fortsetzung zunächst in die Zwischenkörnerschicht hinein, also zwischen die hier verlaufenden Zapfenfasern anzugeben haben. Ich will nicht behaupten, dass *Hasse*, welcher kürzlich in den Göttinger gel. Anz. 1867, Bog. 11, p. 130 einige Beobachtungen über die Structur der Retina veröffentlichte, mich der Art missverstanden habe, dass er meint, ich liesse in Wirklichkeit die Stäbchenfaser knopfförmig an der Zwischenkörnerschicht enden. Seine

Darstellung könnte aber zu einem solchen Missverständniss Veranlassung geben. Ich verwahre mich also ausdrücklich gegen eine solche Ansicht. Welche Bedeutung nun die nach meinen Beobachtungen merkwürdig constante knopfförmige Anschwellung am untern Ende der Stäbchenfaser habe, vermag ich auch jetzt noch nicht anzugeben. Ich habe sie auch an Jodserumpräparaten vielfach wiedergesehen. Eine gewisse Aehnlichkeit derselben mit der Anschwellung der Zapfenfasern an derselben Stelle lässt sich nicht verkennen. Danach könnte sie, wie bei den Zapfen, eine Vorbereitung zur Theilung anzeigen. Hasse scheint (l. c. p. 136) glücklicher gewesen zu sein in der Verfolgung der Stäbchenfasern, wie ich. Er meint die von der Theorie geforderte Verbindung derselben mit den Nervenfasern der inneren Körnerschicht gesehen zu haben. Daneben muss ich aber doch die Treue meiner Darstellung für die von mir geschilderten knopfförmigen Anschwellungen der Stäbchenfasern Hasse gegenüber sehr bestimmt aufrecht erhalten.

Die Substanz des Innengliedes ist nicht bei allen Thieren durchaus homogen; in derselben scheidet sich vielmehr häufig eine hintere, dem Aussengliede zugewandte, anscheinend stärker lichtbrechende Abtheilung von halbkugeliger oder abgestutzt kegelförmiger Gestalt von der übrigen Masse deutlich ab (Fig. 11, a, Fig. 18 a). Dies ist am leichtesten an den grossen Stäbchen der Amphibien und beim Hecht zu sehen. Ein Körper von der Gestalt einer halbkugeligen oder planparabolisch gekrümmten Brennlinse bildet demnach das äussere Ende des Innengliedes, indem die plane Fläche dem Aussengliede zugekehrt ist und zugleich die Endfläche des Innengliedes bildet, während die gewölbte an die schwächer brechende Substanz des Innengliedes grenzt. Bei der sehr schnell nach dem Tode auch bei Aufbewahrung in Serum eintretenden Gerinnung und Gestaltveränderung der Stäbchen-Innenglieder tritt die körnige Trübung zuerst in dem linsenförmigen Körper auf. In manchen Fällen bin ich erst durch die Gerinnung auf einen solchen aufmerksam geworden, und ich wüsste der Behauptung nichts entgegen zu stellen, dass derselbe sich wirklich oft erst nach dem Tode als erste Leichenerscheinung schärfer differenzirt. Nach der körnigen Gerinnung des Innengliedes schmilzt dasselbe mit dem ihm ansitzenden Faden zu einem ovalen oder kugeligen Gebilde ein, welches dem Aussengliede lose anhängt, aber mit ihm in Zusammenhang bleibt, wie durch eine homogene Zwischensubstanz, mit ihm verklebt. Aussenglieder mit sol-

chen anhängenden, durch Gerinnung veränderten Innengliedern sind vielfach abgebildet worden, wobei die letzteren oft für aus ersteren ausgetretene Tropfen einer dem Nervenmark verwandten Substanz erklärt wurden. Man sieht dergleichen in jedem frischen Zerzupfungspräparat massenhaft herumschwimmen. Denn eine grosse Zahl der durch die Präparation aus der Lage gerissenen Innenglieder geht namentlich bei warmblütigen Thieren sofort die geschilderte Metamorphose ein.

Bei der ausserordentlichen Zersetzbarkeit des linsenförmigen Körpers ist eine Conservirung desselben in der Form, wie er sich gleich nach dem Tode zeigt, schwierig. Doch ist mir eine solche einige Male mit Hülfe von Flüssigkeiten, welche eine körnige Gerinnung verhindern und doch erhärtend einwirken, gelungen, so z. B. mit Ueberosmiumsäure, in welcher die Stäbchen des Frosches unter Umständen ein Ansehen wie Figur 11 h annehmen. Der linsenförmige Körper ist hier durch eine scharfe Grenzlinie und eine Andeutung schwärzlicher Trübung von dem ungefärbten Reste des Innengliedes unterschieden, während das Aussenglied eine tief schwarze Färbung angenommen hat. Auch in einer concentrirten Lösung von Kali bichromicum erhalten sich die Linsen der Froschstäbchen unter Umständen einige Tage lang deutlich.

Ueber die Art des Zusammenhanges von Innen- und Aussengliedern geben einigen Aufschluss Macerationspräparate, bei denen das Aussenglied noch wohlerhalten, das Innenglied aber stark gequollen ist. Jodserum leistet zu diesem Behufe die besten Dienste, indem dasselbe nur ganz langsam Veränderungen erzeugt, wobei etwaige Consistenzunterschiede oder Differenzirungen sich sehr scharf zu markiren pflegen. Einer solchen in glücklichem Momente abgebrochenen Maceration verdanken die in Fig. 5, b und c abgebildeten Präparate ihre Entstehung. Es sind Stäbchen vom Huhn, deren Innenglieder gequollen sind. Dabei hat sich auf ihrer Oberfläche eine hyaline Masse abgehoben, deren Grenzlinie man für eine Membran halten könnte. Diese umfasst in dem gequollenen Zustande auch noch die Basis des Aussengliedes, so dass es den Eindruck macht, als sei letzteres in das Innenglied eingesenkt. Man kann sich danach vorstellen, dass im Leben eine zarte Membran vom Innengliede auf das Aussenglied überspringe und auch die Kittsubstanz einschliesse. Ich möchte fast glauben, dass die Sache sich folgendermaassen verhalte. Aussen- und Innenglied haben eine ge-

meinschaftliche, sehr schwach brechende Grundsubstanz. In diese sind im Innengliede stärker brechende Moleküle eingelagert, und stellen u. A. den linsenförmigen Körper dar, welcher, wenn er vorhanden, immer das äusserste Ende des Innengliedes einnimmt. Das Aussenglied aber ist, wie wir gleich hören werden, von einer grossen Zahl sehr stark lichtbrechender Scheiben in dichter Aufeinanderlagerung eingenommen, zwischen denen nur minimale Schichten der schwachbrechenden Grundsubstanz persistiren.. Durch diese Annahme einer für Innen- und Aussenglied gemeinschaftlichen Grundsubstanz, welche rein nur als scheinbarer Kitt zwischen beiden existirt, in dem Aussenglied Scheibchen, in dem Innenglied dagegen andersartig gruppirte Moleküle eingelagert enthält, würden sich die Quellungsbilder erklären, und zugleich wäre dadurch trotz der scheinbaren Discontinuität von Aussen- und Innenglied die Continuität auf die einfachste Weise gerettet, welche, wie wir später sehen werden, für die Deutung der Theile beim Sehvorgange doch wahrscheinlich wird angenommen werden müssen.

An solchen in Jodserum macerirten Stäbchen sind mir öfter Bilder vorgekommen, welche für die Existenz einer, die Axe des Innengliedes einnehmenden feinen Faser sprechen, ohne dass ich jedoch im Stande wäre, schon jetzt eine ganz befriedigende Erklärung derselben abzugeben. Es handelt sich dabei, wie erhellt, um die von Ritter, Manz und Krause beschriebene Bildung, von der ich früher keine Spur entdecken konnte, so dass ich mich nicht geneigt fühlte zur Anerkennung ihrer Existenz. Was ich mit Rücksicht auf dieselbe hier anzuführen habe, ist Folgendes. An der Retina vom Huhn, welche 24 Stunden oder länger in Jodserum macerirt war, bemerkte ich in einem Theil der stark aufgequollenen, zu Kugeln umgewandelten Innenglieder eine kurze starre Faser von pfriemenförmiger Gestalt, ein Stiftchen, an einem Ende etwas dicker wie am anderen, welches in der gequollenen Kugel an irgend einer Stelle eingeschlossen lag (Fig. 5 c). Man kann sich beim Anblick derselben des Gedankens nicht erwehren, dass es sich hier um eine präformirte Bildung handle, welche auf Grund von Consistenzunterschieden durch die Maceration zur Ansicht gelangt. Minder stark gequollene Innenglieder zeigten denn auch diese Faser noch in situ, wie Fig. 5 b darstellt, wo das äussere Ende gegen den feinkörnig geronnenen Rest des linsenförmigen Körpers scharf abgeschnitten endigt. Auch in den Innengliedern von Macacus cyno-

molgus, dessen Retina ich noch warm in Jodserum brachte und in demselben mehrere Tage der Maceration unterwarf, traten Bildungen auf, welche auf die Anwesenheit einer consistenteren Centralfaser deuteten (Fig. 2 c). Die Aussenglieder zeigten sich zu birnförmigen Körpern eingeschrumpft, die Innenglieder körnig geronnen und partiell aufgequollen. An der Stelle, wo sie die limitans externa passiren (E), tritt aus ihnen ein feiner Faden hervor, welcher mit einem äusseren Korn in Verbindung steht. Dieser scheint aus einem Axenfaden des Innengliedes hervorzugehen, dessen etwas verbreitertes abgestutztes Ende die Grenzfläche des Innengliedes gegen das Aussenglied einnimmt. Ich halte es hiernach für möglich, ja wahrscheinlich, dass, wie Ritter und Krause annehmen, auch im Leben die Differenzirung im Innengliede in eine Rinde und einen centralen Faden vorhanden ist. Die Entscheidung darüber, wie sich hiermit die Existenz des linsenformigen Körpers vertrage, ob derselbe mit dem Faden in Verbindung stehe, vielleicht eine Endanschwellung desselben darstelle oder wie sonst die Sache sich gestalte, muss ich späteren Untersuchungen vorbehalten.

Wir wenden uns jetzt zu den Aussengliedern. Wie ich schon früher angeführt habe[1]), zeigen dieselben beim Frosch im absolut frischen Zustande eine sehr deutliche parallele Längsstreifung (Fig. 11 a). Das Gleiche sieht man bei Triton (Fig. 14) und an den noch gewaltigeren Stäbchen von Salamandra maculata (Fig. 15). Auch bei Fischen, unter denen der Hecht besonders dicke Stäbchen besitzt, habe ich die Streifung wahrgenommen. Dieselbe tritt bei Einstellung auf die Oberfläche besonders scharf hervor, verschwindet aber nicht beim Senken des Tubus, so dass es nur den Eindruck macht, als reiche die Differenzirung durch die ganze Dicke des Stäbchens.

Neben dieser Längsstreifung besitzen immer einzelne Stäbchen schon am ganz frischen Präparate eine Andeutung von Querstreifen. Diese macht den Eindruck einer bald oberflächlicheren, bald tiefer gehenden Zerklüftung, und in der That entsteht bei weiterer Ausbildung derselben ein Zerfall in quere Scheibchen (Fig. 11 b; Fig. 15 c und d). Oft erstreckt sich diese Erscheinung schon nach kurzem Verweilen in Serum auf einen grossen Theil der isolirten Aussenglieder, in anderen Fällen bleibt sie länger aus. Verdünnung des

1) Bd. II. d. Archivs, p. 257, Taf. XIV, Fig. 1 c.

Serum mit Wasser beschleunigt die Zerklüftung, Aufenthalt in concentrirterem Serum verzögert sie. Längere Maceration in Jodserum bringt meist ein vollständiges Aufblättern in Scheiben hervor, so beim Huhn (Fig. 5 b und c). Diese Zerklüftung ist eine für die Aussenglieder der Stäbchen ganz charakteristische und für alle darauf untersuchten Wirbelthiere constante Erscheinung. Sie kennzeichnet die Aussenglieder als ganz eigenthümliche Gebilde und bietet, wie wir später sehen werden, das grösste Interesse in physiologisch-optischer Beziehung. Hannover ist der erste, welcher in seiner rühmenswerthen Abhandlung in Müller's Arschiv v. J. 1840 diese Querstreifen beschrieb (p. 331) und in seinen Recherches microscopiques (Tab. V, Fig. 60) vom Frosch abbildet. Henle[1]) kennt sie von Reptilien und Fischen. Viele neuere Forscher thun ihrer beiläufig Erwähnung.

Während der ersten Veränderungen der Stäbchen in der angegebenen Richtung bleibt die Längsstreifung, die ich oben erwähnte, noch deutlich sichtbar (Fig. 11 b). Ja man beobachtet zuweilen bei den Stäbchen des Frosches, dass statt der Zerklüftung in Scheibchen Längsspalten auftreten (Fig. 11 g). Es gewinnen dadurch einzelne Stäbchen das Ansehen, als wenn sie einen oder mehrere Längskanäle enthielten. Liegt ein solcher central, so könnte man an Ritter's Angaben über einen nach seiner Meinung in den Stäbchen enhaltenen Axenfaden denken, von dem ich aber in den Aussengliedern bisher nichts entdecken konnte. Jedenfalls ist diese Zerklüftung der Aussenglieder in der Längsrichtung keine constante Zersetzungserscheinung, und in der Häufigkeit ihres Vorkommens nicht zu vergleichen mit der noch näher zu schildernden Zerfällung in Querscheibchen.

Diese tritt, wie gesagt, häufig ganz spontan bei Verweilung in Serum ein. Ohne dass die Art der Lichtbrechung sich ändert, ohne dass eine an Gerinnung erinnernde Veränderung in der feineren Structur erfolgt, tritt einfach eine Differenzirung von Blättern auf, die den Eindruck einer queren Spaltung in Scheiben macht. Es entstehen allmählig Zwischenräume, wo vorher keine waren, das Stäbchen verlängert sich dadurch beträchtlich, und seine Substanz zerfällt in stark lichtbrechende Scheiben. Dabei krümmt und biegt sich der vorher schnurgrade Stäbchencylinder, und die Scheibchen

1) Allgemeine Anatomie, 1841, p. 659.

klaffen an der convexen Seite der Krümmung weit auseinander, während sie an der concaven dicht zusammenliegen. Dass in diesem Zustande ein inniger Zusammenhang der Scheibchen nicht mehr statt hat, geht aus der sehr häufig zu beobachtenden Thatsache hervor, dass ein Stäbchen sich ein- zwei- auch öftere Male in scharfem Winkel umknickt, wobei in den glatt begränzten Bruchstücken die Scheibchenstructur mehr oder weniger deutlich hervortritt (Figur 17 b vom Aal). Einen ähnlichen Grund muss auch das an noch ganz unveränderten Stäbchen häufig zu beobachtende quere Durchbrechen oder Abknicken haben, wie es z. B. Fig. 16 a¹ vom Barsch, Fig. 18 a vom Hecht zeigt.

Vorsichtiger Zusatz von Wasser zu dem in Serum befindlichen Präparate befördert, wie erwähnt, das Hervortreten der Scheibenstructur in sehr auffallender Weise. Dabei findet wieder eine deutliche Verlängerung des Stäbchens aber keine Verdickung statt. Das Stäbchen muss also aus abwechselnden Scheiben leichter und weniger leicht quellbarer Substanz bestehen, von welchen die erstere in der Richtung der Längsaxe sich ausdehnt und dadurch die Scheiben der noch nicht veränderten Substanz auseinander treibt. Heftigere Einwirkung des Wassers bringt dann Formveränderungen der Stäbchen hervor, wie sie vielfach gesehen und meist als Gerinnungserscheinungen bezeichnet worden sind. Es beruhen dieselben, wie es scheint, wesentlich nur auf der verschiedenen Quellungsfähigkeit der beiden abwechselnden Substanzen. Zuerst biegt sich das Stäbchen hirtenstabförmig dann kreisförmig zusammen. Die zuerst bemerkbare Scheibenstructur wird bald unkenntlich, es treten auch wohl Quellungen nach der Dicke hinzu, deren erste Stadien ich oben beschrieb, und endlich ist aus den Stäbchen ein kugliges, tropfenförmiges Gebilde geworden (fig. 3 b, fig. 18 b, d). In demselben zeichnet sich noch eine stärker lichtbrechende Masse in eigenthümlicher, peripherer Anordnung aus. Es ist dies offenbar die schwerer quellbare, resistentere Masse der Scheibchen, welche jetzt eine Art Rinde um den kugligen Tropfen bildet. Man hat diesen mit ausgetretenem Nervenmark, mit Myelintropfen vergleichen wollen, und wiederholt eine Verwandtschaft der Veränderung der Stäbchen in Wasser mit der Gerinnung des Nervenmarkes betont. Von einer solchen kann im Ernst nicht die Rede sein, da die Gestaltveränderungen der Stäbchen von der Plättchenstructur abhängen, von der beim Nervenmark keine Andeutung vorhanden ist.

Ausgezeichnet schön treten die Scheibchen der Aussenglieder bei Behandlung mit durch Serum etwas verdünnter Essigsäure hervor, welche man am besten langsam an das Präparat herantreten lässt, um alle Stadien der Veränderung beobachten zu können. Unter geringer oder ohne Verlängerung des Stäbchens grenzen sich die Blätter so scharf von einander ab, dass stellenweise eine Zählung und Messung derselben möglich wird. Fig. 11, c stellt ein der Art durch Essigsäure aufgelockertes Aussenglied vom Frosch bei 1000maliger Vergrösserung gezeichnet dar, Fig. 4 c ein gleiches vom Meerschweinchen bei etwas geringerer Vergrösserung. Bei fortgesetzter Einwirkung etwas stärker zufliessender Essigsäure verändert sich das Blid gewöhnlich schnell. Die bis dahin stark lichtbrechenden Scheiben verlieren unter starkem Aufquellen ihren Glanz und verschmelzen zu einer homogenen Masse. An Stelle des glänzenden Stäbchens liegt jetzt ein blasser, wurstförmiger Körper von der doppelten bis dreifachen Länge eines gewöhnlichen Stäbchens, in dessen schwach lichtbrechender Substanz sich keine andere Structur als eine Andeutung zartester welliger Längsstrichelung erkennen lässt (Fig. 11 d). Zu ganz ähnlichen Gebilden quellen die Stäbchen auch in verdünnter Salzsäure auf. Ich legte ein Froschauge 24 Stunden in eine Mischung von Salzsäure und Wasser 1 : 500 und öffnete sodann vorsichtig. Die Retina war in einen weichen Brei verwandelt, in welchem von den verschiedenen Schichten fast nur undeutliche Reste erhalten, die Stäbchen aber sofort erkennbar waren in der Form langer blasser Cylinder. Auch hier war keine andere Gestaltveränderung derselben als eine Streckung um etwa das Doppelte bis Dreifache der ursprünglichen Länge eingetreten (Fig. 11 f). Ihre Oberfläche war mit Pigmentmolekülen dicht besetzt, welche beim Frosch immer die ganzen Aussenglieder einhüllen. Von feinerer Structur zeigten diese gequollenen Stäbchen wiederum eine Andeutung zartester Längsstreifung, wie sie auch den mit Essigsäure behandelten zukommt. Aehnlich wirkt ferner verdünnte Schwefelsäure, während in Salpetersäure zwar die Plättchenstructur mehr oder minder deutlich hervortritt, das Aufquellen in der Richtung der Längsaxe ausbleibt. Bei schneller Einwirkung ziemlich concentrirter Essigsäure kommen nach den ersten Veränderungen bald Formen zum Vorschein wie Fig. 11, e. Die Quellung ist keine sehr ansehnliche.

In dem auffallendsten Grade äussert sich das Quellungsvermö-

gen der Aussenglieder bei Berührung mit stark verdünnter Kalilauge. Das Schauspiel, welches sich dem Beobachter darbietet in dem Momente, wo das Stäbchen von der langsam zufliessenden Kalilauge erreicht wird, ist in der That äusserst überraschend. Von einem Ende zum anderen vorschreitend tritt zuerst Plättchenstructur und ansehnliche Streckung in die Länge auf. Sobald das Stäbchen das Ein- bis Zweifache der gewöhnlichen Länge erreicht hat, krümmt sich dasselbe in Schlangenlinien und unter fortgesetzter Verlängerung lebhaft hin und her, dass der Anblick vieler sich gleichzeitig so verändernder Stäbchen an das Gewimmel kleiner Rundwürmer erinnert. Dabei werden die kleinen Schlangen gleichenden Stäbchen immer blasser und auch dünner (Fig. 12 c, d). Anfänglich in gerader Linie ausgestreckt, kräuseln sie sich später auf einen ziemlich kleinen Raum zusammen, so dass es unmöglich wird die Länge genau zu bestimmen, welche sie angenommen haben, die oft das Zehnfache der ursprünglichen betragen mag. Zuletzt scheint von dem Stäbchen nur ein Häufchen blasser Kügelchen zurückzubleiben, die sich nicht auflösen. Die Stäbchen des Frosches, als die grössten der leicht zu Gebote stehenden, sind zur Anstellung dieses interessanten Versuches besonders geeignet. Die Quellung übertrifft Alles, was mir von ähnlichen Veränderungen je vorgekommen ist, und beweist jedenfalls, dass die Dichtigkeit, welche das Gewebe der Aussenglieder der Stäbchen in der Richtung der Längsaxe besitzt, eine aussergewöhnliche sein muss. Steht der Brechungsindex mit der Dichtigkeit im Verhältniss, wie sich annehmen lässt, so wird er also ein sehr hoher sein.

In der 35procentigen Kalilauge, welche zur Isolirung der Muskelfasern und anderer eiweissartiger Gewebselemente gute Dienste leistet, erhalten sich auch die Aussenglieder der Stäbchen mehrere Stunden ziemlich unverändert.

Setzt man zu einem in Serum gefertigten Präparate der Froschstäbchen Glycerin oder concentrirte Zuckerlösung, so tritt anfänglich eine geringe Schrumpfung der Stäbchen ein, wobei die Längsstreifung den Eindruck einer wellig gekräuselten Strichelung macht. Nach einigen Stunden, wenn unter den fortdauernden Diffusionsströmen unter dem Deckgläschen eine Ausgleichung der Flüssigkeiten stattgefunden hat, haben die Aussenglieder wieder ihr normales Aussehen angenommen, doch tritt jetzt bei vielen die Blätterstructur allmählig immer deutlicher hervor. In dieser erhalten sich

dann bei verhinderter Eintrocknung die Stäbchen mehrere Tage sehr schön, endlich verblassen sie aber und werden feinkörnig und unansehnlich, so dass sie auf die Dauer in diesen Flüssigkeiten nicht zu conserviren sind. War die Retina aber vorher der Einwirkung von Kali bichromicum, der Osmiumsäure oder anderer erhärtender Flüssigkeiten ausgesetzt, so verändern sich nachträglich die Aussenglieder in Glycerin gewöhnlich nicht mehr.

Die Messungen und Zählungen, welche ich an den Plättchen der Aussenglieder der Stäbchen angestellt habe, leiden an manchen Mängeln, bedingt durch die geringe Dicke der Scheibchen, ihre grosse Zahl auf kleinem Raum und die Unvollkommenheit der Hülfsmittel, durch welche die Zerklüftung möglichst deutlich hervorgebracht wird. So ist es mir oft erschienen, wenn ich die Maasse genommen hatte, als wenn einzelne Plättchen von noch geringerem Dickendurchmesser vorhanden seien. Die Bestimmung der unteren Grenze für die Plättchendicke halte ich demnach für unsicher. Die obere Grenze ist leichter zu messen.

Da die Plättchen eines und desselben Aussengliedes für gewöhnlich Variationen in der Dicke nicht unterworfen zu sein scheinen, wäre die beste Methode der Messung offenbar die, erst die Länge des ganzen, unveränderten Aussengliedes zu bestimmen, nach der Zerklüftung die Plättchen zu zählen und darauf die Dicke des einzelnen zu berechnen. So maass ich z. B. beim Meerschweinchen die ganze Länge des Aussengliedes 0,014 mm., zählte nach Essigsäurezusatz 14—16 Plättchen, woraus sich die Dicke des einzelnen bei 16 auf 0,00087 mm. berechnet. Mein Freund W. Zenker, welcher sich aus später zu erwähnenden Gründen für die Entwickelung der Fortschritte in der Kenntniss der Structur der Aussenglieder auf das lebhafteste interessirt und selbst viele Beobachtungen anstellte, maass die Länge eines Aussengliedes beim Frosch 0,0228 mm., zählte nach der Zerklüftung 33 Plättchen, woraus sich 0,00069 mm. Dicke für jedes berechnet. Der schwierigste Theil ist die Zählung der Plättchen, welche meist ganz unmöglich wird durch eine ungleiche Einwirkung der die Zerklüftung bedingenden Reagentien. Für längere Stäbchen ist die Methode desshalb kaum anwendbar, abgesehen von der Schwierigkeit des Zählens so gleichmässig dicker Liniensysteme, wie die Grenzen der Scheibchen sie darstellen. Ich habe mich demnach meist auf die directe Messung getrennter, oder auf die Messung einiger weniger dicht bei einander liegender Scheib-

chen und nachträgliche Division mit dieser kleinen Zahl beschränkt. Dabei erhielt ich beim Frosch als Plättchendicke 0,0005 mm., bei Triton 0,00055 mm., bei der Taube 0,0006 mm., beim Huhn 0,00065. W. Zenker maass unabhängig von mir bei Fischen 0,00068—0,0007, bei der Taube 0,0006 mm. Dabei muss ich auf den wichtigen Punct aufmerksam machen, dass die einzelnen Plättchen in Essigsäure-Präparaten dünner erscheinen, als wenn sie durch Quellung in Serum isolirt sind. Dies beruht auf dem Umstande, dass durch Essigsäure die Plättchenstructur oft hervorgerufen wird ohne Verlängerung des Stäbchens. Wenn also im Leben die Plättchen eines neben dem anderen lagen, nur durch minimale und unmessbar feine Schichten der Zwischensubstanz getrennt, und durch die Säure plötzlich die Scheidung der Plättchen in continuo eintritt, so ist dies nicht anders erklärlich, als dass die einzelnen Plättchen sich in ihrer Substanz zusammenziehen. Dadurch rücken sie auseinander, so dass jetzt dicke Schichten von Zwischensubstanz zwischen ihnen sichtbar werden.. So erklärt sich die Zeichnung Fig. 4c vom Meerschweinchen, in welcher also die durch Essigsäure veränderten, starkbrechenden Plättchen nur etwa die Hälfte so dick sind als die oben angeführte Zahl 0,00087 mm.

---

2. Die Zapfen.

Mit den Stäbchen haben die Zapfen der Retina Manches gemein, zunächst dass sie Nervenendorgane sind wie jene, und im Besonderen, dass sie in ein Innen- und ein Aussenglied zerfallen, welche Theile in vielen Puncten mit den entsprechenden der Stäbchen übereinstimmen. Die Unterschiede aber sind wesentlich genug, um die Scheidung von Stäbchen und Zapfen festzuhalten, wie sie sich nach den Untersuchungen der letzten Jahrzehnte eingebürgert hat.

Die Zapfen haben bekanntlich meist ein bauchiges, flaschenförmiges Innenglied und ein konisches, oft sehr fein zugespitztes Aussenglied. Letzteres Merkmal trifft, so viel ich weiss, immer zu, die Form des Innengliedes dagegen ist nicht immer die typische. Namentlich bei den Zapfen der Vögel kommen Innenglieder vor, welche denen der Stäbchen gleichen, cylindrisch gestaltet oder selbst

fadenförmig verdünnt sind (fig. 6 a). Indem aber auch die Stäbchenaussenglieder eine Hinneigung zur conischen Gestalt zeigen können, wie z. B. bei Rana, bei Triton (Fig. 11 a, fig. 14 a a a), so dürfen wir uns vorbereitet halten, in einzelnen Fällen vollständige Uebergänge zwischen Stäbchen und Zapfen zu finden. Mir ist bisher kein vollkommen sicheres Beispiel der Art bekannt geworden, aber was ich bei Triton gesehen habe, veranlasst mich, bei diesen und den verwandten langschwänzigen Wasser-Amphibien solche Uebergänge zu vermuthen, die im Laufe der phylogenetischen Entwickelung der Wirbelthiere wahrscheinlich aufgetreten sein werden und vielleicht noch jetzt zu beobachten sind.

Ausser der abweichenden Form der Aussenglieder ist auch eine Verschiedenheit in der Lichtbrechung und der chemischen Beschaffenheit gegenüber den entsprechenden Theilen der Stäbchen zu constatiren. Die Aussenglieder der Zapfen sind viel vergänglicher, zarter und desshalb schwieriger zu beobachten als die der Stäbchen. Auch im möglichst gut erhaltenen Zustande bieten sie bei vielen Thieren nicht den starken Glanz der Stäbchenaussenglieder dar, ihre Substanz scheint demnach ein geringeres Brechungsvermögen zu besitzen. In Ueberosmiumsäurelösung habe ich sie niemals schwarz werden sehen. Ihre Verwandtschaft mit den Stäbchenaussengliedern giebt sich aber sofort zu erkennen durch ihre Neigung, in Plättchen zu zerfallen. Diese ist so gross, dass es kaum gelingt bei noch so schneller Präparation frischer Augen in Augenflüssigkeiten ein Aussenglied ohne die Zerklüftung zu Gesicht zu bekommen. Die Aussenglieder der Stäbchen, welche doch zu den ziemlich vergänglichen Gebilden gehören, erscheinen unverwüstlich gegenüber den namentlich bei warmblütigen Thieren frisch kaum sichtbar zu machenden Zapfenaussengliedern. Auf diese schnelle Zersetzung nach dem Tode scheinen mechanische Insulten einen wesentlichen Einfluss auszuüben. Denn dass die chemischen Einwirkungen der umgebenden Flüssigkeiten es nicht allein sind, welche sie so schnell nach dem Tode zerstören, lehrt der Umstand, dass mitunter mitten zwischen unkenntlich gewordenen Zapfenstäbchen einzelne sich weit besser conservirt zeigen.

Diese Unterschiede zwischen den Aussengliedern der Zapfen und Stäbchen schwinden bei den Tritonen fast ganz.

Analog der Scheidung der Innenglieder der Stäbchen vieler Thiere in einen dem Aussengliede zugekehrten linsenförmigen Körper und

eine blassere innere Hälfte beobachtete ich auch an den Zapfen differente Abtheilungen. Ob dieselben aber schon im Leben getrennt sind oder erst durch die Zersetzung nach dem Tode hervortreten, konnte ich nicht mit Sicherheit entscheiden. So habe ich weder bei Fischen noch bei Säugethieren an den frischen Zapfen eine Andeutung der Trennung eines linsenförmigen Körpers wahrnehmen können, während dieser Körper in den Zapfen einer frisch in verdünnte Salpetersäure gelegten Retina von Macacus cynomolgus mit überraschender Deutlichkeit hervortrat (Fig. 2d). Im ganz frischen Zustande grenzt sich derselbe meist sehr deutlich ab bei Triton (Fig. 14), Rana (Fig. 13), ebenso bei Emys europaea (Fig. 9), und erscheint hier als ein durch stärkeres Lichtbrechungsvermögen ausgezeichneter homogener Körper, welcher sehr schnell nach dem Tode körnig gerinnt, und dann immer noch von dem inneren Theile des Zapfen scharf abgegrenzt ist. In diesem Zustande sah ich Zapfen auch beim Huhn (Fig. 6 f). Nach Aufbewahrung in Ueberosmiumsäure tritt der in Rede stehende Körper oft mit überraschender Deutlichkeit hervor (Fig. 8 vom Falken), was durch eine schwärzliche Färbung desselben mit bedingt wird.

Bei Amphibien, Reptilien und Vögeln liegt in vielen Zapfen bekanntlich ein kugliges, einem Fetttropfen ähnliches, farbloses oder gefärbtes Gebilde (Fig. 6, 7, 8, 9, 10, 13). Dieses nimmt stets die äusserste Spitze des Innengliedes ein, so dass von der Substanz desselben keine sichtbare Spur mehr über diese Kugel gegen das Aussenglied hin hinausragt. Kommt daneben oder ohne die Kugel noch eine diffuse Pigmentirung des Zapfenkörpers vor, so betrifft diese entweder nur die äussere Hälfte wie bei Lacerta (Fig. 10) und ist scharf abgesetzt gegen die innere, oder erstreckt sich mehr diffus nach innen, wie bei der Taube (Fig. 7).

Ich kann in der Beschreibung der Zapfen nicht fortfahren, ohne einer besonderen Art derselben Erwähnung zu thun, welche so merkwürdig, wie sie in der Form auftritt, auch mit besonderen Functionen betraut sein dürfte. Es sind dies diejenigen, welche unter dem Namen der Zwillingszapfen von Hannover zuerst beschrieben worden, und, wie der Name andeutet, aus zwei innig mit einander verbundenen Zapfen bestehen, also Doppelzapfen darstellen. Veranlasst durch die Befunde bei Fischen, bei denen die Zahl der Doppelzapfen sehr gross ist, erklärte Hannover die Zapfen aller Thiere für Zwillinge. Es beruht dies auf einem Irrthum. Entspre-

chend den Angaben anderer Forscher, namentlich H. Müller's, finde ich bei Säugethieren und beim Menschen nur einfache. Dagegen kommen beim Frosch, wo H. Müller sie nicht fand, bei Triton, bei Reptilien und Vögeln ganz constant Doppelzapfen mit einfachen Zapfen gemischt vor.

Bei Fischen (Perca, Esox, Cyprinus) bestehen die Doppelzapfen aus zwei vollkommen gleichen, frisch ungefähr eiförmig aussehenden Innengliedern, welche sich an der Berührungsfläche gegenseitig abplatten (Fig. 16, b, c, d, Fig. 18 f). Die homogene, ziemlich stark lichtbrechende Substanz derselben zeigt keinerlei deutliche Differenzirung, hat aber eine grosse Neigung, sofort nach dem Tode körnig zu gerinnen. Bei der schnellsten Präparation des Auges findet man immer schon eine gewisse Zahl der Zapfen in dieser Weise verändert (Fig. 16 d, e). Auch durch die Gerinnung treten keine den oben geschilderten Abtheilungen entsprechende Scheidungen ein. Auch scheinen beide Hälften der Doppelzapfen sich ganz gleich zu verhalten, doch kommt es nicht selten vor, dass man die eine Hälfte bereits geronnen findet, während die andere noch homogen und glänzend aussieht. Dies beobachtete ich einige Male mit einer auffallenden Häufigkeit, so dass ich an vorgebildete Verschiedenheiten beider Hälften denken musste, von denen ich aber sonst nichts wahrnehmen konnte.

Wie die Innenglieder so sind auch die Aussenglieder der Doppelzapfen der Fische einander gleich. Dieselben stecken, wie alle Aussenglieder bei den Fischen, Amphibien, Reptilien und Vögeln, ganz im Retinalpigment (vulgo Chorioidealpigment). Dies haftet ihnen in Form von Scheiden sehr innig an (Fig. 16 b), während die Aussenglieder der Stäbchen sich leichter aus den Pigmentscheiden herausziehen. So erklärt es sich, dass man im ganz frischen Zustande bei Fischen oft freie Zapfenaussenglieder gar nicht zu sehen bekommt, indem alle von Pigment umhüllt bleiben. Sind einzelne ausnahmsweise frei geworden, so zeigen sie immer die Plättchenstructur sehr exquisit (Fig. 16 c), sind aber meist kürzer als die Pigmentscheiden, jedenfalls von so verschiedener Länge, dass der Verdacht gerechtfertigt ist, bei vielen sei ein Theil des Aussengliedes in der Pigmentscheide stecken geblieben. Nach kurzer Maceration in Jodserum isoliren sich die Aussenglieder meist besser, sind aber stets in Plättchen zerfallen, deren Dicke wieder, wie bei den Stäbchen etwa zwischen $^1/_4$, $^1/_2$ und $^2/_3$ Mikromillimeter schwankt.

Eine gesetzmässige Verschiedenheit der Plättchendicke innerhalb eines und desselben Aussengliedes, nach welcher ich aus später zu erwähnenden Gründen suchte, so dass etwa successive nach der Spitze Zunahme oder Abnahme der Dicke erfolge, habe ich nicht wahrnehmen können. Solche in Plättchen zerklüftete Aussenglieder biegen sich oft, wie schon Hannover bemerkte, an der Spitze hakenförmig um (Fig. 16 d).

Gleichen sich bei den Fischen die beiden Hälften der Doppelzapfen, so weit ich gesehen habe, vollständig, so ist dagegen bei allen anderen Thieren, die solche Zapfen besitzen, eine sehr auffallende Verschiedenheit der beiden constituirenden Abtheilungen vorhanden. Es verbinden sich also zwei ungleiche Zapfen zu einem Zwilling. Dies Verhältniss scheint den bisherigen Beobachtern gänzlich unbekannt geblieben zu sein. Die Verschiedenheiten betreffen zunächst die Innenglieder. An einen langgestreckt eiförmigen Zapfenkörper legt sich dicht ein anderer an, dessen Gestalt retortenförmig genannt werden könnte, mit auswärts gerichtetem dünnen Hals und einwärts stehendem Bauch. Ersterer, den ich den Hauptzapfen nennen möchte, ist in der Höhe der membr. limitans externa zu einem dünnen Faden verschmälert, letzterer, der Nebenzapfen, hat hier seine grösste Dicke und ruht mit der bauchigen Anschwellung auf der genannten Membran, während er sein dünnstes Ende dem Aussengliede zukehrt, so z. B. beim Frosch (Fig. 13 c). Hier enthält ferner der Hauptzapfen die bekannte stark lichtbrechende, einem Fetttropfen ähnliche Kugel, während sich in dem Nebenzapfen keine Spur einer solchen vorfindet. Im Hauptzapfen grenzt sich ausserdem ein linsenförmiger Körper ab, im Nebenzapfen ist zwar auch eine Scheidung von innerer und äusserer Hälfte, aber die Grenzlinie kehrt ihre Convexität nicht nach Innen, sondern nach Aussen, und die Basis des Nebenzapfens erscheint eingenommen von einem eiförmigen glänzenden Körper. Was ferner sehr auffällig ist: der Körper des Nebenzapfens ist beträchtlich kürzer als der des Hauptzapfens, die Uebergangsstelle in das Aussenglied liegt am Hauptzapfen weiter nach Aussen, sie rückt am Nebenzapfen zurück. Dies gilt für den Fig. 14 c abgebildeten Doppelzapfen von Triton, für den Frosch (Fig. 13 c) und für die Vögel (Fig. 6 c Huhn und Fig. 8 a Falke). Bei Eidechse und Schildkröte, deren Doppelzapfen die Figuren 10 a und 9 a, c, d darstellen, ist mir dagegen diese verschiedene Länge der beiden Hälften nicht aufgefallen.

Wo Pigmentirungen in den Zapfen vorkommen, differiren dieselben stets in den beiden Abtheilungen der Zwillinge. Ich erwähnte schon, dass beim Frosch nur der Hauptzapfen die hier entweder farblose oder schwach gelb gefärbte, stark lichtbrechende Kugel berge, während im Nebenzapfen keine Andeutung derselben vorhanden sei. Dies gilt ebenso für die Schildkröte, wo die Kugel im Hauptzapfen eine orangegelbe Farbe besitzt (Fig. 9). Bei Lacerta agilis (Fig. 10) führen die Doppelzapfen citronengelbes Pigment in der eigenthümlichen Anordnung, dass im Hauptzapfen die gelbe Kugel, im Nebenzapfen ein diffuses gelbes Pigment liegt, welches letztere aber nur den äussersten Theil des Innengliedes einnimmt und an der Grenze des eiförmigen Körpers scharf abschneidet. Dies im ganz frischen Zustande beobachtete Verhalten spricht beiläufig in nicht zu unterschätzender Weise für die schon im Leben bestehende Abgrenzung der beiden oben erwähnten Abtheilungen der Nebenzapfen. Noch anders ist das Verhältniss beim Huhn (Figur 6 c). Hier sind die Doppelzapfen immer mit citronengelbem Pigment versehen, und während der Hauptzapfen die bekannte Kugel enthält, besitzt der Nebenzapfen an seiner schmalen Spitze eine minder intensiv gelb gefärbte, weniger stark glänzende gelbe Masse von abgestutzt kegelförmiger Gestalt, deren gerade Endfläche die Grenze gegen das Aussenglied bildet, deren parabolisch gekrümmte Oberfläche in das Innenglied hineinragt. Aehnlich Figur 8 a vom Falken nach Behandlung mit Ueberosmiumsäure, wo freilich die Farben nicht mehr zu unterscheiden sind.

Die Untersuchung der Aussenglieder bietet so grosse Schwierigkeiten dar, dass ich ausführlichere Angaben über die Verschiedenheiten derselben bei den beiden Abtheilungen der Doppelzapfen mir noch für später vorbehalten muss. Im Allgemeinen finde ich, dass der Hauptzapfen ein dickeres und deutlicher conisch gestaltetes Aussenglied trägt als der Nebenzapfen, dessen entsprechender Theil zwar auch conisch aber doch minder stark verjüngt zu sein scheint (z. B. Fig. 13 c). In Betreff der Länge der Aussenglieder wage ich noch keine bestimmten Angaben zu machen, da die Präparation meist schon Veranlassung zu Verkürzungen gibt. Zur Bestimmung der Länge dürften unter den obwaltenden Umständen in Ueberosmiumsäure oder anderen passenden Flüssigkeiten conservirte Augen den frischen vorzuziehen sein. Die Art der Lichtbrechung und die Vergänglichkeit ist auch bei den beiden Aussengliedern der Doppel-

zapfen nicht immer gleich. Doch beobachtet man an beiden die Plättchenstructur sehr deutlich.

Von Wichtigkeit muss es ferner erscheinen, festzustellen, wie die Verbindung dieser Doppelzapfen mit den Elementen der äusseren Körnerschicht zu Stande kommt. Dass bei den Fischen aus jeder Hälfte eine besondere Zapfenfaser hervorgeht, habe ich in meiner letzten Arbeit (dieses Archiv Bd. II. Taf. XI. Fig. 11) abgebildet. Für die übrigen Thiere habe ich keine so klaren Bilder erhalten können. Es hat mir hier meist den Eindruck gemacht, als wenn dem Doppelzapfen nur ein einziges Korn der äusseren Körnerschicht entspräche (Fig. 8 und 9 a), an welchem Korn ich einmal bei Triton (Fig. 14 c) eine helle Längslinie wie die Andeutung einer Zweitheilung wahrnahm.

Um nun zu den einfachen Zapfen zurück zu kehren, so muss ich über deren Verhalten bei verschiedenen Thieren noch einige Bemerkungen anschliessen. Für den Menschen befand ich mich ohne neues frisches Material. Erneute Betrachtung meiner in Müller'scher Flüssigkeit und Glycerin aufbewahrten Präparate lehrte, dass die Aussenglieder der Zapfen fast alle mehr oder minder deutlich Plättchenstructur angenommen hatten, wenn sie nicht durch Schrumpfung unansehnlich geworden. Von den dünnen Zapfen der Fovea centralis mit ihren langen feinen Aussengliedern habe ich nach einem solchen Präparate in Fig. 1 eine Zeichnung entworfen. Die Plättchendicke maass ich hier an verschiedenen Stellen zu 0,0005 bis 0,0008 Mm. Die Plättchen waren aber nur an wenigen Stellen mit der wünschenswerthen vollen Schärfe erkennbar. Mein Versuch, das hier Fehlende durch eine Untersuchung am frisch getödteten Affen zu ergänzen, scheiterte. Die Zapfen der Fovea centralis und ihrer nächsten Umgebung, welche ich von Macacus cynomolgus in Augenflüssigkeit isolirte, hatten alle ihre Aussenglieder verloren. Anders vermag ich mir die in Fig. 2 e von diesen Zapfen gezeichneten Bilder nicht zu erklären. Die Zapfenkörper oder Innenglieder boten vor der Gerinnung einen starken Glanz dar und eine unverkennbare Andeutung zarter Längsstreifung, welche von der Spitze ausging und nach der Basis undeutlicher wurde. Auch an den peripherischen Theilen der Affenretina wollte es mir nicht gelingen, deutliche Aussenglieder der Zapfen zur Ansicht zu bekommen. Etwas bessere Erfolge hatte ich bei wiederholter Untersuchung frischer Augen vom Schaaf, deren Zapfen (Fig. 3 c) deutlich in Plättchen zerfallene Aussenglieder aufwiesen.

Während bei den Vögeln die Doppelzapfen, soweit ich bis jetzt gesehen habe, immer nur gelbes Pigment enthalten, kommen einfache Zapfen mit gelben, orangefarbenen und tief rothen Farbstoffkugeln vor und endlich noch solche mit ungefärbter, fettartig glänzender Kugel. Die Länge der Aussenglieder dieser Zapfen ist Variationen unterworfen (Fig. 6a—d). In wie weit diese letzteren mit den Verschiedenheiten der Innenglieder coincidiren, wage ich bei der enormen Schwierigkeit der Conservirung der Aussenglieder noch nicht zu entscheiden. Die kürzesten finde ich bei kleinen Zapfen, die statt der gelben Kugel einen hellgelb gefärbten kleinen Kegel an der Grenze des Innengliedes enthalten (Fig. 6b). Die längsten Aussenglieder dagegen beobachtete ich an den Zapfen der Taubenretina, welche an dem roth gefärbten Theil der Netzhaut sitzen und ausser der rothen Pigmentkugel noch diffus vertheiltes rothes Pigment im Innengliede enthalten (Fig. 7). Gelingt es, diese Aussenglieder von der sie im Leben umhüllenden Pigmentscheide zu befreien, so bemerkt man, dass sie dieselbe Länge wie die Stäbchen-Aussenglieder besitzen. Ihre Zusammensetzung aus Plättchen ist meist sehr deutlich. Die Dicke dieser letzteren maass ich zu ungefähr 0,0007 mm. Durch Maceration einer frischen Retina vom Huhn in Jodserum erhielt ich neben den oben erwähnten Präparaten von gequollenen Stäbchen-Innengliedern mit einer centralen, an die Ritter'sche erinnernden Faser, eigenthümliche Bilder von Zapfen, wie Fig. 6e zeigt. Der gequollene Zapfenkörper ist am Ende von der Pigmentkugel, dahinter von einem Klümpchen körnig geronnener Masse eingenommen, hinter welcher ein Bündel feiner Fasern folgt, welches sich in die Basis des Zapfens fortsetzt. Ich vermuthe in dieser Bildung dieselben Fasern, welche ich bei menschlichen Zapfen gesehen und auf Taf. X, Fig. 8 in Bd. II dieses Archivs abgebildet habe. Durch eine glückliche Maceration, deren Grad aber schwer zu treffen ist, muss diese Bildung, wie das Beispiel vom Huhn zeigt, deutlicher zur Anschauung gebracht werden können.

Sehr auffallend sind die ausserordentlich kurzen Aussenglieder der Reptilien-Zapfen, wie Fig. 9 von Emys, Fig. 10 von Lacerta zeigen. Diesen Befunden gegenüber verdient hervorgehoben zu werden, dass beim Chamaeleon, welches nach H. Müller eine Fovea centralis der Netzhaut im Hintergrunde des Auges besitzt, die Aussenglieder an dieser Stelle an Länge bedeutend zunehmen. Frosch und Landsalamander haben bekanntlich sehr kleine Zapfen. Bei

ersterem finde ich ausser den bekannten mit glänzendem Fetttropfen, und den oben von mir beschriebenen Doppelzapfen noch einfache ohne die stark lichtbrechende Kugel (Fig 13 b). Triton entbehrt dieser Kugel in allen seinen Zapfen. Ich untersuchte Triton niger, cristatus und taeniatus. Die Zapfen haben bei diesen Thieren zum Theil recht ansehnliche Aussenglieder, so dass sie sich den verhältnissmässig kurzen Stäbchen nähern, deren Aussenglieder deutlich conische Gestalt besitzen. Wie bereits mitgetheilt wurde, kommen bei diesen Thieren einzelne Zapfen vor, welche geradezu als Uebergänge zu Stäbchen gelten können. Auch was Vergänglichkeit und Lichtbrechungsvermögen der Zapfenaussenglieder betrifft, so nähern sich diese Verhältnisse bei den Tritonen denen der Stäbchen durchaus.

Ergebnisse.

Die ungewöhnlichen Schwierigkeiten, welche sich der Untersuchung der Endgebilde der Opticusfasern in der Retina entgegenstellen, erklären, dass Fortschritte in der Erkenntniss auf diesem Gebiete nur langsam erfolgen können. So ist an irgend einen Abschluss noch nicht entfernt zu denken, und jede allgemeine Betrachtung, welche an Vorkommen und Structurverhältnisse der verschiedenen Endgebilde anknüpft, kann schon durch die nächste Untersuchungsreihe ihren Boden und damit ihren Werth verlieren. Wenn ich also hier einige Schlussbetrachtungen anfüge, so bin ich mir des provisorischen Charakters derselben wohl bewusst. Doch hoffe ich, dass durch dieselben die gewonnenen Resultate in ein klareres Licht gesetzt und die Gesichtspuncte für neue Forschungen schärfer markirt werden.

Zunächst hebe ich hervor, dass sich immer deutlicher herausstellt, dass Stäbchen und Zapfen der Retina nicht, wie manche Forscher bisher annahmen, häufig in einander übergehen, sondern dass vielmehr solche Uebergänge, wenn sie überhaupt zu beobachten sind, zu den seltenen Vorkommnissen gehören müssen. Unter einer ganz ansehnlichen Reihe von mir untersuchter Thiere ist nur eine Gat-

tung, nämlich Triton, bei welcher der Unterschied zwischen Stäbchen und Zapfen sich zu verwischen beginnt. Die Verhältnisse sind hier der Art, dass die Zapfenaussenglieder nur etwas grösser, die Stäbchen etwas kleiner zu werden brauchen, um den Unterschied auszugleichen. Ich vermuthe, dass bei den verwandten geschwänzten Amphibien, namentlich den mit Kiemen athmenden Molchen, ähnliche und vielleicht noch entscheidendere Uebergangsformen gefunden werden. Die Aufmerksamkeit für solche Untersuchungen günstig situirter Forscher sei hiermit auf diesen Punct gelenkt. Da die Enucleatio bulbi keine lebensgefährliche Operation ist, entschliesst sich vielleicht der glückliche Besitzer eines lebenden Cryptobranchus Japonicus dieselbe vornehmen zu lassen behufs Feststellung der Thatsache, ob dieser Salamander, der in mancher anderen Beziehung sich als ein Aristokrat mit reinem, in antediluvianische Zeiten hineinragendem Stammbaum zu erkennen gibt, sich auch von der Neuerung fortschrittlicher Tendenzen freigehalten hat, neben den zur Lichtempfindung vollkommen ausreichenden Stäbchen auch noch die verfeinerter Empfindung dienstbaren Zapfen zu besitzen.

Wir wissen von der Vertheilung der Zapfen und Stäbchen bei den Wirbelthieren so viel, dass wir die Hypothese aufstellen dürfen, die Stäbchen seien, wie sie in physiologischer Beziehung das einfachere Element darstellen, auch in phylogenetischer Beziehung das primäre, aus dem sich allmählig die Zapfen herausgebildet haben. Es gründet sich diese Hypothese auf die Beobachtung, dass die Stammeltern der Wirbelthiere nur Stäbchen besitzen, nämlich die Petromyzon und die Plagiostomen. Wie die Neunaugen, die Rochen und Haifische als die ältesten Fische unseres Erdballes nur mit Stäbchen in ihrer Retina ausgerüstet sind, so scheint sich diese Eigenthümlichkeit auch noch auf die Ganoiden zu erstrecken, von denen bekannt ist, dass sie in der Phylogenese den Knochenfischen vorausgingen. Nach Leidig besitzt der Stör nur eine Art Elemente in der Stäbchenschicht. Ihren Aussengliedern nach gleichen sie durchaus Stäbchen. Im Innengliede aber sollen sie einen farblosen Fetttropfen besitzen, was wieder an Zapfen erinnert, wie sie sich bei Amphibien und Reptilien vorfinden. Von der Netzhaut anderer Ganoiden wissen wir gar nichts. Ihre Untersuchung dürfte die interessantesten Aufschlüsse über die allmählige Entwickelung der Zapfen gewähren. Unter den Knochenfischen kenne ich nur einen Fisch ohne Zapfen, es ist dies der Aal. Ob der Mangel an Zapfen

bei diesem Thiere auf eine niedere Stellung in dem Stammbaum der Fische hinweist, wie sie E. Haeckel's glorreichem Versuche einer phylogenetischen Eintheilung der Thiere zufolge die Aalkinder (Enchelygenen) in der That einnehmen [1]), oder auf eine rückschreitende Metamorphose zu beziehen ist, lasse ich dahin gestellt. Der Aal soll das Dunkle lieben, er könnte möglicherweise wie die Eulen und Fledermäuse, Maulwurf und Igel durch Rückschritte die Zapfen eingebüsst haben, welche den anderen Knochenfischen sehr verbreitet zukommen. Jedenfalls bietet, wie erhellt, eine nähere Nachforschung nach den Formen der percipirenden Elemente der Netzhaut, namentlich bei denjenigen Fischen, welche als directe Nachkommen der ältesten Knochenfische unserer Erde angesehen werden können, also den Physostomen, ein nicht geringes Interesse.

Nachdem man auf die scharfe Scheidung des Innen- und Aussengliedes an den Stäbchen und Zapfen aufmerksam geworden war, musste es von besonderer Wichtigkeit erscheinen, zu entscheiden, ob diese Verschiedenheit auch im lebenden Zustande existire, und welches Ansehen überhaupt nach Structur und Lichtbrechungsverhältnissen die Innen- und Aussenglieder der Stäbchen und Zapfen im möglichst frischem Zustande darbieten. Die hier mitgetheilten Untersuchungen haben, soweit sich von dem ganz frisch angefertigten mikroskopischen Präparate auf den Zustand im Leben schliessen lässt, für die präformirte Trennung der beiden Glieder und zwar sowohl bei Stäbchen als bei Zapfen entschieden. Innen- und Aussenglieder sind total verschiedene Gebilde. Die Natur der ersteren stimmt mit der zarter Nervenendfasern, nackter Axencylinder oder verwandter sehr vergänglicher eiweissartiger Elementartheile überein, letztere documentiren sich durch ihre Plättchenstructur als durchaus eigenthümliche Apparate. Auch die Innenglieder bieten Andeutungen einer feineren Differenzirung, zunächst in dem oft schon im ganz frischen Zustande erkennbaren planconvexen, linsenförmigen Körper von homogener Beschaffenheit. Sodann mehren sich die Anzeichen, dass in ihnen ein Axenfaden enthalten sein könne, von dem zuerst Ritter als eines die ganze Länge der Stäbchen durchziehenden Fadens Mittheilungen machte, dessen Anwesenheit Krause dagegen auf die Innenglieder beschränkt wissen wollte.

---

1) Generelle Morphologie Bd. II, p. CXXVII.

Die Differenzirung der Aussenglieder haben wir uns nach den durch Quellung entstehenden Bildern der Art zu denken, dass planparallele, messbar dicke Plättchen einer stark lichtbrechenden mit unmessbar dünnen Schichten einer minder stark brechenden Substanz abwechseln. Durch Quellung der letzteren und Zerstörung derselben kommen erstere zum Vorschein und trennen sich ganz von einander. Um auch diese Plättchen zum Aufquellen zu bringen, bedarf es stärker einwirkender Agentien, z. B. der verdünnten Kalilauge. Welche Bedeutung die Längsstreifung habe, welche die dicken Stäbchen von Fröschen, Tritonen, Salamandern und manchen Fischen im ganz frischen Zustande so deutlich zeigen, lasse ich dahin gestellt. Dass dieselbe auf eine faserige Structur der Aussenglieder deute, wird durch die in ihnen manchmal in der Längsrichtung auftretenden Spalten und Lücken bestätigt, aber wie tief diese Differenzirung ins Innere reiche, vermag ich nicht anzugeben. Den Plättchenzerfall hindert sie ebensowenig wie die Fibrillenstructur des quergestreiften Muskelprimitivbündels das Zerfallen in Scheibchen.

Was die Zapfen betrifft, so habe ich festgestellt, dass ihre Aussenglieder ebenfalls die Plättchenstructur in exquisiter Ausbildung besitzen und sich durch dieselbe scharf von den Innengliedern, den sogenannten Zapfenkörpern absetzen. Aber der Unterschied in der Lichtbrechung der beiden Theile ist bei den Zapfen oft geringer als bei den Stäbchen, die Grenze daher nicht immer so scharf gezeichnet. Ja, es kann an erhärteten Präparaten, z. B. in Müller'scher Flüssigkeit oder in Ueberosmiumsäure conservirten Augen, vorkommen, dass die Grenzlinie kaum wahrnehmbar ist und ein allmähliger Uebergang stattzufinden scheint. So z. B. bei den Zapfen der Fovea centralis des Menschen. Die Plättchenstructur, welche hier allein über die Lage der Grenzlinie entscheiden könnte, ist an solchen Präparaten oft nicht sichtbar, wenn sie nämlich ganz frisch in solche Lösungen eingelegt wurden, welche ihrer Concentration nach keine Quellung erzeugen konnten. Die Form der unveränderten Zapfen-Aussenglieder ist immer die conische. Ihre Substanz ist viel vergänglicher und schwieriger zu conserviren als die der entsprechenden Theile der Stäbchen, namentlich scheint die Zwischensubstanz zwischen den Plättchen noch viel leichter quellbar, da es, wenigstens bei warmblütigen Thieren, kaum gelingt, frisch ein nicht in Plättchen zerfallenes Aussenglied eines Zapfens zu Gesichte zu bekommen. Es wäre daher möglich, dass die Zapfen-

Aussenglieder schon im Leben die Plättchenstructur deutlich erkennen liessen, während sie bei den Stäbchen erst durch Quellung sichtbar wird. Die Innenglieder der Zapfen enthalten häufig einen stark lichtbrechenden, gefärbten oder ungefärbten kugligen Körper, welcher genau das dem Aussengliede zugewandte Ende einnimmt, daneben oft noch einen minder stark brechenden linsenförmigen Körper analog dem der Stäbchen. In wie weit die faserige Beschaffenheit des übrigen Theiles des Innengliedes oder, beim Fehlen dieser Linsen und Kugeln, des ganzen Innengliedes sich allgemein verbreitet zeigt, bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten. Durch Maceration in Jodserum ist es mir neuerdings nur beim Huhn gelungen, die faserige Beschaffenheit, welche ich früher beim Menschen nachwies (Bd. II. Taf. X, Fig. 8), zu erkennen. Von hohem Interesse, wenn auch zunächst physiologisch mehr ein Curiosum, erscheint die grosse Verbreitung der Doppelzapfen, die bisher mit Sicherheit nur bei den Fischen bekannt, von mir bei Amphibien, Reptilien und Vögeln in grosser Verbreitung nachgewiesen sind. Bei allen diesen Thieren, mit Ausnahme der Fische, bieten beide Hälften der Doppelzapfen sehr auffallende Verschiedenheiten dar.

Ich füge zum Schluss einige Bemerkungen über den Einfluss der Stäbchen und Zapfen auf den Gang der Lichtstrahlen an. Die scharfe Abgrenzung, welche namentlich an den leicht zu beobachtenden Stäbchen die Innen- und Aussenglieder scheidet und durch das verschiedene Lichtbrechungsvermögen der aneinandergelagerten verschiedenen Substanzen bedingt ist, macht es unzweifelhaft, dass Lichtstrahlen, welche in schiefer Richtung die Grenzfläche des Aussengliedes gegen das Innenglied treffen, je nach der Grösse des Einfallswinkels und der Differenz im Brechungsindex, total oder partial reflectirt werden. Ich habe bereits in meiner letzten Abhandlung über die Retina (Bd. II, p. 234 und 259) auf diese nothwendige Reflexion aufmerksam gemacht und die Vermuthung aufgestellt, dass, da gemäss den früher von Brücke aufgestellten Betrachtungen auch im Aussenglied selbst und am Tapetum, wenn ein solches vorhanden, noch Licht reflectirt werde, möglicher Weise die Innenglieder allein die percipirenden, die Aussenglieder aber nur spiegelnde Theile seien. So kam ich zu der Hypothese, dass im Wirbelthierauge mit seinen eigenthümlichen Endgebilden der Opticusfasern nur reflectirtes Licht percipirt werde, also Licht, welches auf die Endflächen der Innenglieder auftrifft, nachdem es von

den Aussengliedern in irgend einer Weise zurückgeworfen wurde. Die Constanz und eigenthümliche Regelmässigkeit der Plättchenstructur der Aussenglieder, welche ich damals noch nicht kannte, muss einen weiteren Beweis für die Bedeutung abgeben, welche die Aussenglieder als reflectirende Apparate besitzen. Denn ist die Structur der letzteren eine solche, wie oben ausgeführt worden, so muss jedes der durch minimale Mengen einer Zwischensubstanz geschiedenen Plättchen wieder wie ein Spiegel wirken, so dass bei dem Durchgange des Lichtes durch das Aussenglied in einer Richtung, bei welcher nicht sofort an der ersten Grenzfläche totale Reflexion stattfand, doch successive alles Licht zur Reflexion gelangen kann. Es ist dasselbe Verhältniss, welches bedingt, dass ein Satz Glasplatten für bestimmte Strahlen ein besserer Spiegel ist als eine einfache Platte.

Um aber den gerade einfallenden und deshalb nur in geringem Maasse zur Reflexion gelangenden Strahlen eine schiefe Richtung zu geben, bevor sie das spiegelnde Aussenglied erreichen, dazu erscheint der linsenförmige Körper (Fig. 11 a) geeignet, welcher in seiner Wirkung natürlich durch solche farbige oder farblose kuglige Körper, wie sie in den Zapfen der Frösche, Reptilien und Vögel vorkommen (Fig. 13, 10, 9, 6), noch bedeutend unterstützt wird.

So drängt denn Alles dazu, der Reflexion des Lichtes durch die Aussenglieder eine bedeutende Rolle beim Sehvorgange zuzuweisen. Welcher Art diese Reflexion ist, dürfte freilich bei unserer Unbekanntschaft mit den Brechungscoefficienten der bezüglichen Substanzen und der Unmöglichkeit, den Gang der Lichtstrahlen durch die Retina, bevor sie die Aussenglieder erreichen, genau festzustellen, zunächst noch in Dunkel gehüllt bleiben. Jedenfalls muss sie nach Entdeckung der Plättchenstructur als eine unendlich viel complicirtere erscheinen, als ich früher angedeutet habe. Dadurch ändert sich aber auch meine Ansicht über die Lage des Ortes, wo die Perception des Lichtes stattfinde, indem ich mich jetzt wieder der von mir früher gehegten, von Hensen vertretenen Annahme zuwende, dass die Aussenglieder die percipirenden Elemente seien. Durch die Quellungserscheinungen an Aussen- und Innengliedern bin ich, wie oben auseinandergesetzt wurde, bezüglich des Zusammenhanges beider zu der Ansicht gelangt, dass sie eine gemeinschaftliche, schwach lichtbrechende Grundsubstanz haben, welche im

Aussengliede durch die Einlagerung der zu Plättchen gruppirten stark- und doppelbrechenden Moleküle, im Innengliede durch andere, minder auffallende körnige und vielleicht faserige Bildungen ausgezeichnet sei, in der Kittsubstanz aber sich rein erhalten zeige. Ist diese Grundsubstanz, wie durchaus wahrscheinlich, Nervensubstanz, nimmt sonach auch das Aussenglied an der nervösen Natur der Stäbchen und Zapfen Theil, so könnten die complicirten Reflexionsphänomene in und zwischen den Plättchen eine Wirkung auf die Nervensubstanz ausüben, welche die erste Veranlassung zur Perception wird. Mit anderen Worten, die Bewegung des Lichtes in den complicirt geschichteten Aussengliedern kann den specifischen Sinnesreiz abgeben zur Einleitung der Nervenleitung. Diese Ansicht hat eine bestimmte Form angenommen in einer demnächst ausführlich zu erörternden Betrachtung meines Freundes W. Zenker. Derselbe kam nach Kenntnissnahme der anatomischen Verhältnisse von Zapfen und Stäbchen und meiner Betrachtungen über die in ihnen nothwendig zu Stande kommende Reflexion auf die offenbar sehr fruchtbare Idee, dass durch diese Reflexion die laufenden in stehende Lichtwellen umgewandelt werden. Dazu gehört ein System spiegelnder Flächen, wie sie in den Aussengliedern gegeben sind, und ein Abstand der spiegelnden Flächen um $1/2$ oder ein Vielfaches von $1/2$ der Länge der laufenden Lichtwelle. Wir müssen also auf die Plättchendicke, deren Maasse oben mitgetheilt wurden, eingehen und für jede Farbe des sichtbaren Theils des Spectrum eine besondere Plättchendicke voraussetzen, welche unter Berücksichtigung des Brechungsindex der Substanz der Aussenglieder in dem geforderten Verhältniss zu der Länge der laufenden Lichtwellen stehen müsste. Die oben angeführten Maasse von circa 0,0005—0,0008 mm. für die Plättchen entsprechen ungefähr den Längen der laufenden Wellen vom violetten bis zum rothen Ende des Spectrum in einer Substanz, welche das Licht etwas schwächer bricht als Luft, in welcher letzteren diese Wellenlängen etwa 0,0004—0,0007 betragen. Die Uebereinstimmung ist gewiss sehr merkwürdig.

Eines Punctes will ich hier nur noch Erwähnung thun, welcher in der Reflexionstheorie eine Erklärung zu finden geeignet ist, ich meine den Einfluss, welchen verschieden lange Aussenglieder auf den Sehact ausüben. Je länger diese Theile entwickelt sind, um so mehr spiegelnde Plättchen werden sie enthalten können, um so vollständiger werden sie das Licht zur Reflexion bringen, respective in stehende Wellen um-

wandeln. Hiermit stimmt überein, dass sehr lange Stäbchen-Aussenglieder vor allen bei den Nachtthieren, namentlich den Nachtvögeln, den Eulen (vergl. Bd. II, Taf. XI, Fig. 11 c) vorkommen. An der menschlichen Retina aber finden sich die längsten Aussenglieder an den Zapfen der Fovea centralis, an welcher Stelle eine sehr eigenthümliche Einrichtung die Verlängerung derselben ermöglicht (vergl. Bd. II, Taf. XIII, Fig. 1).

Erklärung der Abbildungen auf Taf. XIII.

Die Vergrösserung ist, wo sie nicht besonders angegeben worden, ungefähr 500.

Fig. 1. Zapfen der Macula lutea und Fovea centralis des Menschen, von einem wegen Staphylom enucleirten und einige Tage in Müller'scher Flüssigkeit aufbewahrten Auge.

Fig. 2. Von einem Affen (Macacus cynomolgus); a Stäbchen frisch in Glaskörperflüssigkeit mit bereits feinkörnig geronnenem Innenglied; b Stäbchen-Aussenglied nach Zusatz von Essigsäure; c Stäbchen nach Maceration in Jodserum, die Aussenglieder ** sind geschrumpft, die Innenglieder körnig geronnen und partiell aufgeschwollen. An der Stelle ihrer Befestigung an die Limitans externa (ε) geht aus ihnen ein feiner Faden hervor, welcher mit einem äusseren Korn in Verbindung steht. Dieser scheint aus einem Axenfaden des Innengliedes zu entspringen; d Zapfen nach Maceration in verdünnter Salpetersäure. In den Zapfenkörpern oder Innengliedern hat sich eine glänzende vordere Abtheilung von einer körnigen inneren geschieden; e Zapfen der Macula lutea frisch; ob die Aussenglieder vollständig erhalten sind, muss als zweifelhaft gelten.

Fig. 3. Vom Schaaf; a Stäbchen frisch mit verschiedenen Formen der Innenglieder, welche z. Th. sofort durch Gerinnung eine kuglige Gestalt angenommen haben. Die in einen feinen Faden ausgezogenen Innenglieder sind die dem lebenden Zustande entsprechenden, welche man selten isolirt zu sehen bekommt; b Stäbchen-Aussenglieder nach Zusatz von ein wenig Wasser in

Plättchen zerfallen, umgebogen, abgebrochen und endlich durch kreisförmiges Umbiegen und Quellen zu kugligen Gebilden umgewandelt; c Zapfen frisch, mit bereits in Plättchen zerfallenen, auch wohl nicht mehr in ursprünglicher Länge erhaltenen Aussengliedern.

Fig. 4. Vom Meerschweinchen; a und b Stäbchen frisch mit den Innengliedern isolirt, bei b der Zusammenhang mit einem äusseren Korn erhalten, in welchem letzteren eine Andeutung der Querstreifung zu sehen ist. Die Nervenfaser endigt mit einer am wahrscheinlich abgerissenen Ende, wie durch Abschmelzen entstandenen spindelförmigen Anschwellung; c Stäbchen-Aussenglied durch Behandlung mit Essigsäure in Plättchen zerlegt.

Fig. 5. Stäbchen vom Huhn; a und d frisch, letzteres mit einem vom Innenglied theilweise getrennten, wie abgebrochenen Aussengliede. Am rechten Rande besteht eine Verbinduug zwischen Aussen- und Innenglied, welche wie eine zarte Haut aussieht; b und c nach 24stündiger Maceration in Jodserum. Die Aussenglieder sind in Plättchen zerfallen, die Innenglieder sehr stark gequollen. Bei b sieht man im Innengliede eine feinkörnig geronnene Masse; dieselbe entspricht dem linsenförmigen Körper von d, welcher immer stark körnig gerinnt, unterhalb derselben ragt in das gequollene Innenglied eine Faser, wie ein Stift, gegen die feinkörnige Masse hinauf, an welcher dieselbe scharf abgeschnitten endigt. Bei c liegt dieser Stift frei in dem zu einer Kugel aufgequollenen Innengliede. Ob hier eine constante Bildung vorliegt, die etwa mit den von Ritter und Krause erwähnten Centralfasern der Stäbchen identisch ist, bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten.

Fig. 6. Zapfen vom Huhn; a—d frisch, in wie fern bei diesen die Aussenglieder in ganzer Länge erhalten sind, bleibt zweifelhaft; a mit rothen oder gelben Kugeln; b mit kleinem gelbem kegelförmigem Körper; c Zwillingszapfen, wie sie sehr zahlreich vorkommen, aber immer nur mit gelbem Pigment; d mit kleiner farbloser Kugel; e Zapfen nach 24stündiger Maceration in Jodserum; hinter der gelben Kugel liegt ein Klümpchen körnig geronnener Masse, an diese schliesst sich ein feinfaseriger Streifen an, der bis zur Basis des Zapfens reicht; f Zapfen mit beginnender Gerinnung; g in Plättchen zerfallene Aussenglieder von Zapfen.

Fig. 7. Von der Taube frisch; a drei Zapfen und ein Stäbchen von dem intensiv roth gefärbten Theil der Retina, mit ihren Aussengliedern aus den Scheiden des Retinapigments herausgezogen. Die Aussenglieder der Zapfen sind sehr lang und fein; b in Plättchen zerfälltes Zapfen-Aussenglied.

Fig. 8. Von Falco buteo nach längerer Aufbewahrung in einer Lösung von Ueberosmiumsäure; a Zwillingszapfen; b Stäbchen mit durchgebrochenem Aussenglied; c einfacher Zapfen.

Fig. 9. Von Emys europaea frisch, Stäbchen fehlen hier ganz; a, c, d sind Zwillingszapfen mit orangegelben Pigmentkugeln; b und e einfache Zapfen, erstere mit farblosen, letztere mit rothen Kugeln; bei d hat die körnige Gerinnung des oberen Theiles des Zapfenkörpers begonnen.

Fig. 10. Von Lacerta agilis frisch; a Zwillingszapfen; b drei verschiedene Arten einfacher Zapfen, nämlich mit orangefarbener Pigmentkugel, mit diffusem gelbem Pigment und mit farbloser Kugel. Letztere sind die kleinsten.

Fig. 11. Von Rana esculenta und temporaria; a zwei Stäbchen frisch, in deren Innengliedern der linsenförmige Körper sehr deutlich hervortritt; b Aussenglieder, deren Zerklüftung in Plättchen begonnen hat, eins in Verbindung mit einem in Jodserum aufgequollenen Innengliede; c Theil eines mit Essigsäure behandelten, in Plättchen zerfallenen Aussengliedes bei 1000facher Vergrösserung; d ein in sehr stark verdünnter Essigsäure zu einem gleichmässig blassen Körper aufgequollenes Aussenglied, zeigt eine zarte Längsstreifung; f ein Aussenglied von einem Froschauge, welches 24 Stunden in Salzsäure 1 auf 500 Th. Wasser gelegen hatte. An dem blassen, um mehr als das Doppelte in die Länge gestreckten Stäbchen hängen die Pigmentmoleküle fest an, welche beim Frosch die ganzen Aussenglieder einwickeln; g Aussenglieder, welche durch Quellung eigenthümliche Spalten in der Längsrichtung erhalten haben, wie solche beim Frosch oft beobachtet werden; h Stäbchen nach mehrtägiger Aufbewahrung in einer Lösung von Ueberosmiumsäure. Das Aussenglied ist tief schwarz gefärbt, während am Innengliede kaum eine Spur schwärzlicher Trübung zu bemerken ist.

Fig. 12. a, b, c, d Veränderungen, welche die Aussenglieder der Froschstäbchen durch Quellung in mässig starker Kalilauge eingehen. Anfänglich treten die Querstreifen sehr deutlich hervor, indem zuerst nur die Zwischensubstanz zwischen den Plättchen quillt, sehr schnell quellen aber die Plättchen selbst auch auf, wobei das Stäbchen in wenigen Secunden unter vielfachen Schlängelungen die in d gezeichnete Gestalt annimmt.

Fig. 13. Zapfen vom Frosch; a einfacher Zapfen mit farbloser oder schwach gelblicher Kugel; b ein Zapfen ohne die stark lichtbrechende Kugel; c Zwillingszapfen, dessen eine Hälfte, wie bei den Eidechsen und Schildkröten, stets der glänzenden Kugel entbehrt; d Zapfen mit sehr feinem und kurzem Aussengliede.

Fig. 14. Von Triton cristatus und taeniatus; aaa, bbb Stäbchen und Zapfen in der natürlichen Lage; c Zwillingszapfen einzeln; d einfacher Zapfen, alles frisch; e Stäbchen-Aussenglied nach Zusatz von Essigsäure; f Zapfen-Aussenglieder bei 1000maliger Vergrösserung.

Fig. 15. Von Salamandra maculata, frisch; a Stäbchen mit Innen- und Aussenglied; c und d einzelne Aussenglieder mit beginnender Zerklüftung; b Zapfen.

Fig. 16. Von Perca fluviatilis a—e frisch; Stäbchen mit Innen- und Aussenglied, ersteres in einen langen Faden verlängert; a Stäbchen dessen Innenglied durch Gerinnung in eine feinkörnige Kugel umgewandelt, dessen Aussenglied in mehrere Stücke gebrochen ist, die aber noch zusammenhängen; b Zwillingszapfen, die Aussenglieder dicht von Pigment umhüllt, wie man sie beim Zerzupfen der absolut frischen Retina gewöhnlich zu sehen

bekommt; c Zwillingszapfen mit freien aber bereits in Plättchen zerfallenen Aussengliedern; d Zapfenkörper feinkörnig geronnen, wie sie sich sehr schnell nach dem Tode umzuändern pflegen. Durch längeren Aufenthalt in Jodserum ist hier auch noch eine Quellung eingetreten, durch welche auf der Oberfläche eine hyaline Masse hervorgetreten ist, vielleicht eine Membran; d Zapfen von einem zwei Tage in Ueberosmiumsäure aufbewahrten Präparate.

Fig. 17. Stäbchen vom Aal, Zapfen fehlen hier ganz; a unverändert, mit Innen- und Aussengliedern, erstere zum Theil in ansehnlich lange Fäden verlängert; b Aussenglieder in Plättchen zerfallen und mannigfach geknickt.

Fig. 18. Vom Hecht; a Stäbchen ganz frisch mit den Innengliedern; b in beginnender Zerklüftung und Quellung nach Wasserzusatz, d zu einer Kugel umgewandelt; c Aussenrand wellig gebogen, an welchem die Längsstreifung deutlich sichtbar ist; e Aussenglieder nach Zusatz von Kalilauge kurz vor der Quellung, durch welche aus den Stäbchen lange gewundene Fäden werden, wie sie Fig. 12 vom Frosch zeigt; f Zwillingszapfen mit Aussengliedern, welche die Zerklüftung in Plättchen zeigen.

Versuch einer Theorie der Farben-Perception.

Von

Dr. W. Zenker.

Für die Erkenntniss des Vorgangs der Sinnes-Wahrnehmungen ist es meist schon ein Schritt von grosser Bedeutung, wenn man Klarheit gewinnt über den Ort, an welchem die Aufnahme der Reize stattfindet. Dieser wichtige Schritt geschah für das Auge bekanntlich durch H. Müller's Versuche mit Purkinje's entoptischer Aderfigur [1]). Die aus diesen Versuchen abgeleitete Entfernung der percipirenden Schicht der Netzhaut von den vor dieser Haut verlaufenden Adern, bezeichnet mit grosser Sicherheit die Stäbchenschicht als den Ort der Reiz-Perception, und lässt neben ihr nur wenig Spielraum übrig. Man findet in dieser Schicht die als Stäbchen und Zapfen unterschiedenen Endigungen der Fasern des Sehnerven, Organe die sich von den übrigen Theilen der Sehnerven durch eine etwas grössere Festigkeit und grösseren Lichtbrechungs-Index auszeichnen.

Eine eigenthümliche Analogie in dem Vorgang aller Empfindungen ist es jedenfalls, dass auch beim Geruchsorgan und Gehörorgan ähnliche stäbchenartige festere Gebilde die Perception einzuleiten scheinen. Denn auch die stäbchenartige Gebilde des Riech-

1) H. Müller, die entopische Wahrnehmung der Netzhautgefässe. Würzb. 1855.

flecks[1]), sowie die Fasern des Cortischen Organs bestehen aus relativ härterer Masse, als die eigentlichen Nervenfäden.

Vielleicht könnte eine ähnliche Analogie auch in dem Vorgang der Perception selbst gefunden werden, über den man beim Ohr, seit Helmholtz's klassischem Werk über die Ton-Empfindungen eine klarere Anschauung besitzt, als über den entsprechenden Vorgang im Auge.

Durch Helmholtz's Theorie des Mitschwingens der Cortischen Fasern bei den ihrer Schwingungszahl entsprechenden Tönen wurde mit einem Schlage verständlich, wie die Stösse der Schallwellen so unterscheidbare Wirkungen hervorbringen konnten je nach der Schnelligkeit ihrer Aufeinanderfolge; so wurde der Ton in Nervenreiz, in den Reiz eines bestimmten Nerven umgesetzt. Der Vorgang der Perception wurde um ein wesentliches Stück klarer.

Wenn ich mir die Aussicht mache, durch die nachfolgende Theorie der Licht- und Farbenperception etwas Aehnliches zu erreichen, so verkenne ich dabei nicht, wie die Hauptschwierigkeit einer Erklärung dieser Vorgänge ungelöst bleibt, die Frage nämlich, wie Lichtwellen überhaupt im Stande sind auf körperliche Molecüle zu wirken. Das ist bei Schallwellen anders, die nur durch körperliche Molecüle geleitet werden, und deren motorische Wirkungen auf Körper wir leicht beobachten und erklären können.

Der Lichtäther, der Träger jener wellenförmigen Vibrationen, die unser Auge als Licht empfindet, hat dagegen so wenig Körperliches, dass uns die Vorstellung einer mechanischen Einwirkung desselben ungleich schwerer fällt. Aber doch kennen wir die mechanischen Effekte der Wellen strahlender Wärme, die mit denen des Lichtes für identisch gelten müssen, oder wenigstens durch denselben Aether sich verbreiten. Analog ist ferner die chemische Wirkung der Lichtstrahlen auf Jodsilber und andere organische und anorganische Körper. Das Wie? dieser Vorgänge zu erörtern, dürfte mehr in das Gebiet der Physik als der Physiologie gehören; hier aber wird die Annahme irgend einer Einwirkung der Schwingungen des Lichtäthers auf körperliche, in specie nervöse Molecüle keine Schwierigkeiten mehr finden.

---

1) Max Schultze, über die Endigungsweise der Geruchsnerven und die Epithelialgebilde der Nasenschleimhaut. Monatsb. der Berl. Akad. der Wiss. Nov. 1856.

Alle Theorien des Sehens gehen davon aus. Das Licht soll, nachdem es alle übrigen Schichten der Netzhaut durchdrungen, endlich auch in die Stäbchenschicht treten, diese durcheilen und dabei, sei es in Stäbchen oder in Zapfen, nicht nur als Licht, sondern sogar als farbiges Licht empfunden werden.

Aber wenn wir uns auch bequemen die Erregung der Nerven durch Licht überhaupt für möglich zu halten, wie sollen wir uns die Unterscheidung der unendlich vielen verschiedenen Farben vorstellen? Das Problem lässt sich freilich sehr vereinfachen und auf 3 Farben reduciren, entweder mit Th. Young und Helmholtz auf Roth, Grün, Violett, oder mit Brewster auf Roth, Gelb, Blau[1]). Aus diesen lassen bei Anwendung der richtigen Intensitäten einer jeden alle übrigen Farben sich zusammensetzen. Und eine wunderbar schöne Bestätigung dieses Satzes scheint es zu sein, dass Hensen[2]) in einem Cephalopoden (Thiere, denen man wohl Farbenperception zutrauen darf) den Ausgang von 3 Nervenfasern aus einem Stäbchen beobachtete. Ebenso bestätigen wohl die rothen und gelben Pigmenttropfen an den Zapfen der Vogel-Retina diese Anschauung. Hier aber scheinen die Grundfarben blau, roth und gelb zu sein. Denn es ist klar, dass die nicht pigmentirten Elemente der Netzhaut hauptsächlich Blau empfinden werden, und dass Weiss nur aus einer für alle Elemente gleichen Affection hervorgehen kann.

Ich will weder die Lehre von den 3 Grundfarben noch die Beobachtung der 3 Nervenfasern zurückweisen; vielmehr glaube ich, wie sich unten ergeben wird, dass Beide sehr wohl zu Recht bestehen können. Aber das Problem ist damit nicht gelöst. Von Trennung der Farben durch auswählende Absorption, wie im Auge der Vögel, kann beim Menschen nicht die Rede sein, da die einzige Farbe, die in seiner Netzhaut vorkommt, die des gelben Flecks ist. Der Gegensatz zwischen Gelb und Nichtgelb genügt aber nicht zur Unterscheidung der Farben. Beim Menschen sind vielmehr alle Theile der Netzhaut für alle Lichtstrahlen passirbar und es entsteht also die Frage: wie können innerhalb der percipirenden Elemente die molecularen Wirkungen der Lichtwellen so verschiedene Effekte, wie

---

1) Helmholtz, Handbuch der physiologischen Optik. Leipzig 1867. S. 290.

2) Hensen, über das Auge einiger Cephalopoden, Zeitschr. für wiss. Zoologie. XV, 1865. S. 199.

3 Farben sind, hervorbringen? Soll der nervöse Apparat der Netzhaut unterscheiden können, ob in einer Secunde 667 Billionen Wellen (Violet) ihn passiren oder nur 456 Billionen (Roth)? Ich glaube bei solchen Zahlen hört alle Schätzung, alle Unterscheidung auf. Diese Unterscheidung ist ebenso undenkbar, wie die Unterscheidung der Töne es wäre, wenn der Nerv die Zahl der Stösse zählen sollte. Die Einrichtung des Ohres ist darum weiser. Ein an sich nicht nervöser Körper geräth in Mitschwingungen, weil er abgestimmt ist, und das Erzittern dieses Körpers reizt den in ihn eindringenden Nerv. Der Nerv empfindet also nur, dass der Körper erzittert, auch wie stark er erzittert, aber nicht wie oft in einer Sekunde er erzittert. So auch vermag das percipirende Element der Netzhaut nicht die Anzahl der Stösse zu schätzen, und ist darauf nicht eingerichtet. Es wird die hindurcheilenden Wellen des Lichts immer nur als Lichtreiz empfinden, nicht aber unterscheiden können, welcher Farbe sie angehören. Es bringt daher auch hier, wie bei dem Gehörorgan eine grössere Klarheit in den Vorgang der nervösen Erregung, sobald Einrichtungen gefunden werden, dieselbe stätig zu machen, und die Empfindung gewisser Lichtarten (Farben) auf bestimmte nervöse Molecüle zu beschränken.

Hierzu war der Weg geöffnet durch Max Schultze's Untersuchungen »zur Anatomie und Physiologie der Retina«[1]). Er stellte nämlich in dieser Abhandlung die Ansicht auf, dass die Substanz der Aussenglieder sowohl bei den Stäbchen als den Zapfen der Retina nicht ohne besonderen Zweck von grösserer lichtbrechender Kraft zu sein scheine, als die der vor ihnen liegenden nervösen Apparate sei. Vielmehr müsse eine kräftige Reflexion stattfinden, so dass der Autor es sogar für möglich hielt, dass gerade das reflektirte Licht zu Perception komme; eine Ansicht, welche durch die starken Reflexe des Tapetums im Auge so vieler Thiere wesentlich unterstützt wurde.

Die reflektirende Eigenschaft der Stäbchen und Zapfen, wenn auch der letzteren in weit geringerem Grade, wird bei seitlicher Betrachtung unter dem Mikroskop sogleich klar durch das Spiegelbild der hellen Fenster, welches sich bei auffallendem Lichte an ihnen

---

1) Dieses Archiv. Bd. II, 1866. 145 - 287.

zeigt. Diese reflektirende Eigenschaft ist aber auch in der Richtung der Axe bekannt genug, denn auf ihr beruht beim Menschen das bekannte Leuchten der Augen.

Wir können also die Elemente der Netzhaut als Systeme von Flächen betrachten, an welche die kommenden Lichtwellen nahezu senkrecht anbranden, und von denen sie daher auch nahezu senkrecht zurückgeworfen werden. Hierbei müssen stehende Wellen auftreten, diejenige besondere Form von Interferenzen, welche von einander begegnenden Wellensystemen hervorgebracht wird. Da wo die Lichtwellen des kommenden und des zurückkehrenden Strahles sich in gleicher Phase treffen, werden sie sich verstärken. Da wo die Phasen um $1/2$ Schwingungsdauer differiren, werden sie einander schwächen und sich bei gleicher Intensität völlig aufheben. An diesen Punkten wird also Ruhe sein und die Lage dieser Ruhepunkte sowie die der Punkte grösster Schwingungs-Amplitude ist eine unbewegliche und nur von der obigen Phasen-Differenz abhängige. Für senkrecht einfallende Strahlen und unter der Annahme, dass dieselben an der spiegelnden Fläche einen Phasenverlust von einer halben Wellenlänge erleiden[1]), müssen die Nullpunkte eine Distanz von $1/2$, 1, $1\,1/2$ u. s. w. Wellenlängen von derselben haben, die Maximumpunkte $1/4$, $3/4$, $5/4$ u. s. w. Wellenlänge. Die Wellenlänge ist nur abhängig von der Farbe des Strahles und von dem Refractions-Index der Substanz, in welcher sich der Lichtstrahl bewegt. Der letztere also vorläufig als constant angenommen, sehen wir, wie die Maximumpunkte der rothen Strahlen nicht mit denen der blauen zusammenfallen können, wie daher die Empfindung des rothen Lichtes an andern Stellen stattfinden muss, als die des blauen.

Hiermit ist im Wesentlichen die Frage von der Farbenperception gelöst. Es kommt nur auf die besondere Einrichtung des dazu bestimmten Apparates an. Anfangs glaubten desswegen M. Schultze und ich, die Innenglieder der Stäbchen und Zapfen als den Ort annehmen zu müssen, wo die von den stehenden Wellen erregbaren Nervenmolecüle sich befänden. Dann waren die Aussenglieder eben nur Spiegelapparate und es musste dann angenommen werden, dass die Moleküle der Innenglieder schon die zweckgemässe Anordnung haben würden, wenn dieselbe mikroskopisch auch nicht nachweisbar war.

1) J. Müller, Lehrbuch der Physik und Meteorologie. 6. Aufl. 1864 Bd. I. S. 790.

Da entdeckte Max Schultze die eigenthümliche Plättchenstructur der Stäbchen und Zapfen, die nun auch von meiner Seite sogleich in allen von mir untersuchten Augen wahrgenommen wurde. Es kann nicht mehr bezweifelt werden, dass im ganzen Wirbelthierreiche diese Structur eine allgemeine ist. Ich will dabei bemerken, dass die Auffindung derselben an den Stäbchen ungleich leichter ist als an den Zapfen, an welchen letzteren es mir nur vorübergehend möglich geworden ist, sie zu erkennen. Zu schnell werden sie durch Quellung verändert. Auch ist ihr Refractionsvermögen viel geringer als das der Stäbchen und daher alle Structur schwerer in ihnen zu erkennen. Die Stäbchen dagegen frisch und nur umgeben von Glasflüssigkeit, zeigen bald eine deutliche Streifung und zerfallen darauf sich krümmend in eine Kette an einander haftender Plättchen. Die Dicke derselben ist leicht messbar und durch Quellung anfangs nur wenig verändert. Denn als ich ein Stäbchen aus der Retina des Frosches, aus 33 Plättchen bestehend, möglichst frisch mass, wobei ich beiläufig 0,0228 mm Länge erhielt, und mit 33 dividirte, so erhielt ich bald nach dem Zerfall des Stäbchens durch direkte Messung der einzelnen Plättchen mit der dabei überhaupt zu beanspruchenden Genauigkeit dasselbe Resultat wie vorher.

Offenbar wechseln hierbei Schichten von höherem und niederem Refractionsindex mit einander ab; denn sonst wäre es unmöglich, dieselben von aussen so leicht zu erkennen, da sie durchaus farblos sind. Ob hierbei eine Kittsubstanz zwischen den Plättchen angenommen werden muss, etwa von geringerem Index, oder ob in jedem Plättchen wiederum eine Abstufung des Index in der Längsrichtung der Stäbchen stattfindet, lasse ich einstweilen dahingestellt.

Welches kann nun aber die optische Wirkung dieser Systeme von Plättchen sein? Wir dürfen sie wohl zunächst mit einem System von Glasplatten vergleichen, welches bekanntlich eine viel intensivere Spiegelung der auffallenden Lichtstrahlen bewirkt als eine einfache Glasplatte. Das Stäbchen, wie man es bisher kannte, entsprach einer einfachen Glasplatte, da nur an seinen beiden Endflächen Spiegelung stattzufinden schien; das Stäbchen dagegen, wie man es seit der Auffindung der Plättchen kennt, entspricht einem System solcher Glasplatten. Daher die kräftige Spiegelung, die in ihm stattfindet und die bei den Beobachtungen mittelst des Augenspiegels sich kundgibt.

Jedoch unsere Folgerung ist ein wenig voreilig. Soll wirklich das reflektirte Licht ein soviel intensiveres sein, so ist noch nothwendig, dass alle in derselben Ebene schwingenden Strahlen zurückkehrend beim Austritt aus dem Stäbchen, und allgemeiner an jedem Punkte desselben, sich in derselben Phase befinden. Würde z. B. beim Rücktritt in das Innenglied des Stäbchens der von der ersten spiegelnden Fläche kommende Lichtstrahl in einer Phase sein, die um $^1/_2$ Wellenlänge von der Phase abwiche, in welcher gleichzeitig an demselben Punkt der von der zweiten spiegelnden Fläche zurückkehrende Strahl wäre, so würden diese Lichtstrahlen sich gegenseitig nicht verstärken, sondern aufheben.

Es hängt also von der Distanz der spiegelnden Flächen ab, ob sich die rückkehrenden Strahlen unterstützen oder nicht. Wäre z. B. die Entfernung von der ersten bis zur zweiten spiegelnden Fläche gleich $^1/_4$ Wellenlänge des eben einfallenden Lichtes, so würde der Phasenunterschied der reflectirten Strahlen überall $^1/_2$ Wellenlänge betragen, die Strahlen würden sich (bei gleicher Intensität) auslöschen. Dasselbe ist der Fall, wenn diese Distanz $^3/_4$, $^5/_4$ u. s. w. Wellenlängen, kurz eine ungerade Anzahl von Viertelwellenlängen beträgt.

Beträgt dagegen die Entfernung der beiden spiegelnden Flächen $^1/_2$ Wellenlänge des einfallenden Lichts, so wird die Phasendifferenz überall eine ganze Wellenlänge betragen und die Strahlen würden sich addiren. Dasselbe gilt für alle Vielfache von $^1/_2$ Wellenlänge.

Inwieweit der erste Fall oder der zweite im Auge des Menschen und der Thiere Anwendung findet, kann aus dem intensiven Leuchten der Augen (bei Anwendung des Augenspiegels) nicht entschieden werden. Hier bleibt es immer fraglich, inwieweit die Stäbchen und Zapfen oder irgend andere Theile des Augenhintergrundes betheiligt sind, oder, was damit zusammenhängt, ob die zurückkehrenden Lichtstrahlen auch in derselben Ebene schwingen wie die kommenden. *Nur in derselben Ebene schwingende Strahlen werden ja stehende Wellen bilden können.*

Dies lässt sich nur mit Hülfe des *polarisirten Lichtes* entscheiden. Ich bediente mich zu diesem Zweck eines gewöhnlichen *Nörremberg*'schen Polarisations-Apparats. In einem solchen Apparat fällt das Licht einer Lampe bekanntlich auf eine polarisirende Glasplatte, von dort senkrecht auf einen unten angebrachten ebenen

Glasspiegel mit Quecksilber-Belegung und von dort aufwärts durch ein Nicolsches oder doppeltbrechendes Prisma ins Auge. Bei kleinen Thieren oder ausgelösten Augen ist es nun am einfachsten, sie unmittelbar an die Stelle des eben erwähnten Planspiegels zu bringen und habe ich dabei die lebenden Thiere mit der Hand gehalten. Mit dem doppeltbrechenden Prisma sieht man dann zwei Bilder desselben Auges, deren eines nur diffuses d. h. depolarisirtes Licht enthält, etwa von einem Tapetum oder selbst (nach Hemholtz, physiol. Optik S. 188) von der Sclerotica her. Das polarisirte Licht ist in diesem Bilde ausgelöscht. In dem andern Bilde dagegen addirt sich dieses Licht zu dem diffusen und der Helligkeitsunterschied beider Bilder bezeichnet daher die Menge des durch Spiegelung an ebenen glatten Flächen zurückgeworfenen Lichtes, desjenigen Lichtes, welches mit dem ankommenden Strahl stehende Wellen bilden muss.

Meine Untersuchungen darüber sind in keiner Weise vollständig, vielmehr sind es nur einige Vögel, Fische, der Frosch, Mensch und das Rind (Auge), welche ich bisher habe untersuchen können. Beim Frosch verschwand das eine Bild vollständig, während das andere hell bläulich aufleuchtete; mithin ist die Spiegelung bei ihm eine vollständige, es kehrt kein Licht aus seinem Auge zurück, welches nicht stehende Wellen mit dem kommenden Lichte zu bilden im Stande wäre. Dasselbe Resultat gaben Hecht, Weissfisch, Barsch und Kanarienvogel. Bei der Taube blieb ein sehr schwaches röthliches Licht, welches ich auf $^1/_{10}$ schätzte, diffus und schien einen länglichen Streifen im Auge zu bilden; das andere leuchtete sehr hell und gelb. Bei Weitem der grösste Theil des Lichtes wird hier gespiegelt. Aehnlich war es beim lebenden menschlichen Auge, für dessen Beobachtung aber das Arrangement etwas verändert werden muss und manche Schwierigkeiten bietet. Auch hier bleibt eine geringe Menge diffusen Lichtes, welche indessen nur wenig grösser ist als bei der Taube. Endlich beim Kalbsauge, welches ich ziemlich frisch vom Schlächter erhielt, war die Lichtintensität in beiden Bildern ziemlich gleich gross, ein Zeichen, dass das depolarisirte Licht des Tapetums das direct reflectirte der Stäbchen und Zapfen weit überwog. Ich wage nicht, hierauf bezügliche Conjecturen zu machen, ehe eine weitere Untersuchung der Augen lebender Rinder den Sachverhalt klarer dargelegt hat.

Doch glaube ich, aus Obigem zu dem Schlusse berechtigt zu

sein, dass ein sehr grosser Theil des ins Auge fallenden Lichtes in derselben Beschaffenheit d. h. in derselben Ebene schwingend wieder zurückkehrt. In diesem Fall aber ist die Bildung stehender Wellen eine Nothwendigkeit. Zu leugnen ist zwar nicht, dass der einfallende Strahl immer wesentlich überwiegen wird, und dass daher die Wellenform eine nicht genau »stehende« werden wird. Aber wir können uns die einfallende Lichtmenge in zwei Portionen zerlegt denken, die eine gleich dem zurückkehrenden Lichte und die andere gleich dem Ueberschuss. Die erstere Portion wird mit dem zurückkehrenden Licht vollkommen »stehende« Wellen bilden, die letztere Portion wird alle Molecüle der percipirenden Organe gleichmässig afficiren. Nach dem was oben entwickelt ist, wird daher der Ueberschuss einfach als Licht empfunden werden; aber die stehenden Wellen allein vermögen die Empfindung der Farbe einzuleiten.

Uebrigens dürfen wir die Intensität der einzelnen zurückkehrenden Lichtstrahlen nicht unterschätzen. Einestheils ist ja die Retina keine ununterbrochene spiegelnde Fläche, sondern die Stäbchen und Zapfen stecken in Umhüllungen von schwarzem Pigment, so dass sie also einen durchbrochenen Spiegel bildet, während wir das beobachtete Licht auf die ganze Fläche continuirlich vertheilt denken. Ferner müssen die Stäbchen eine gewisse Undurchsichtigkeit besitzen, ich meine eine gewisse Fähigheit, das Licht zu absorbiren. Denn ohne eine solche Absorption des Lichtes kann ein Umsetzen von Aetherschwingungen in Molecularschwingungen, kann eine Einwirkung des Lichts nicht gedacht werden. Also gelangt das reflectirte Licht nicht mit seiner vollen anfänglichen Intensität zur Beobachtung.

Endlich aber müssen wir bedenken, dass ja die oben erwähnte Plättchenstructur den Reflex immer nur für eine oder einige bestimmte Wellenlängen zu voller Intensität verstärken kann. Da nun bei weissem Licht an jedem Punct Strahlen aller möglichen Wellenlängen incidiren, so müssen alle übrigen mehr oder weniger abgeschwächt werden. Könnten wir also, wie es dem Empfinden entspricht, den Reflex jeder Farbe beobachten an dem Orte der Retina, wo die Plättchen für ihre Wellenlänge eingerichtet sind, so würde offenbar der Procentsatz der zurückkehrenden Strahlen ein grösserer sein, als ihn die Beobachtung unter den thatsächlichen Verhältnissen erscheinen lässt.

So ist die optische Wirkung der Plättchenstructur zunächst also eine verstärkte Reflexion für Lichtstrahlen von bestimmter, oder doch annähernd bestimmter Wellenlänge. Aber mit dieser Reflexion tritt auch überall sogleich die Bildung stehender Wellen ein: nicht erst im Innengliede der Stäbchen und Zapfen, auch in den Aussengliedern, ebenso wie auf dem ganzen Wege, auf welchem die Strahlen weiter zurückkehren.

In welchen Punkt auf diesem ganzen Wege kann nun aber mit der meisten Wahrscheinlichkeit die Empfindung der stehenden Wellen verlegt werden? Ich sage: in die Aussenglieder. Schon H. Müller's Versuche mit der Aderfigur weisen auf die Aussenglieder hin. Ferner ist, da die Spiegelung in ihnen selbst geschieht, das zurückkehrende Licht also noch durch keine Absorption geschwächt ist, das Gleichgewicht zwischen einfallendem und zurückkehrendem Licht in ihnen genauer, als irgendwo sonst. Die Plättchenstructur bildet einen Reichthum von Flächen, auf denen die Erregung nervöser Molecüle stattfinden kann. Und endlich führt die Analogie des Cephalopoden-Auges, will man der Analogie überhaupt Beweiskraft einräumen, zu einem directen Beweise dafür.

Es wäre doch gewiss ungereimt, wollte man annehmen, dass ein Thier wie der gemeine Tintenfisch, welches gewohnt ist, durch den braunen Farbstoff seines Tintenbeutels, seine sonst schutzlose Haut zu verbergen, und dessen Haut in stets wechselndem, gewiss in ähnlicher Weise bedeutungsvollem Farbenspiel begriffen ist, — es wäre gewiss ungereimt, wenn man einem solchen Thier die Fähigkeit, Farben zu empfinden, absprechen wollte. Die Grösse und Vollkommenheit seines Auges ist ja auch längst und ganz besonders seit Hensen's vortrefflichen Untersuchungen bekannt. Auch im Auge des Tintenfisches befinden sich Stäbchen, und wenn bis jetzt noch keine Plättchenstructur in ihnen nachgewiesen ist, so genügen doch schon die beiden Endflächen, um Spiegelung und folglich stehende Wellen hervorzubringen. Wir dürfen also annehmen, dass bei diesen Thieren die Farbenperception wesentlich in derselben Weise zu Stande kommt, wie bei den Wirbelthieren. Nur sind die Stäbchen hier nicht, wie bei diesen, die nach Aussen gerichteten Endigungen der Sehnervenfasern, sondern sie sind nach Innen gerichtet, nach der Pupille zu. Hier würden also die den menschlichen Innengliedern entsprechenden Theile aussen zu suchen sein,

und zwar nicht vergeblich; in diesen aber können unmöglich stehende Wellen sich bilden, da nur durchgehendes Licht zu ihnen gelangt. Vielmehr sind hier die Aussenglieder der Stäbchen die einzigen Theile der Retina, in denen die stehenden Wellen vorkommen können. Im Sinne unserer Theorie also sind sie jedenfalls die percipirenden Organe für Farben, während Licht ohne Farbenunterscheidung möglicher Weise auch von den dahinter liegenden Theilen (die den Innengliedern im Auge der Wirbelthiere entsprechen) empfunden werden kann. So bestärkt uns diese Analogie darin, die Aussenglieder für die percipirenden Organe zu halten.

Wir müssen also annehmen, dass die Stäbchen und Zapfen nervöse Molecüle enthalten, die von den stehenden Wellen in Mitbewegung versetzt werden, und dadurch gereizt die Vorstellung einer Farbe hervorbringen. Diese Reizung ist am kräftigsten, wenn sich die von möglichst vielen reflectirenden Flächen zurückkehrenden Strahlen in derselben Phase befinden, und daher verstärken. Dies ist, wie wir oben gesehen haben, der Fall, wo der Abstand der spiegelnden Flächen gleich $^1/_2$ Wellenlänge oder einem Vielfachen davon ist. Wechselt dann aber die Wellenlänge des Strahles auch nur wenig, so werden die stehenden Wellen nur noch am äusseren Ende des Stäbchens oder Zapfens auftreten können. An dem inneren Ende aber, wo die reflectirten Strahlen von jeder spiegelnden Fläche in andrer Phase eintreffen, werden sie nicht nur sich verwischen, sondern sogar jeden Lichteindruck völlig aufheben können. In diesem Fall wird denn auch die Netzhaut völlig dunkel erscheinen.

Daraus ergiebt sich, dass ein Retina-Element mit constantem Abstand der spiegelnden Flächen eigentlich nur durch Lichtstrahlen von genau entsprechender Wellenlänge in seiner ganzen Länge afficirt werden kann. Welches sind nun die möglichen und welches die wirklich vorhandenen Anordnungen, das Problem der Empfindung verschiedener Farben zu lösen?

Begnüge sich der Leser einstweilen mit einer sehr theilweisen Beantwortung dieser Fragen. Mir blieb für jetzt nur die Wahl, entweder noch lange zu schweigen, oder die Theorie in ihrer unleugbaren Unvollständigkeit zu veröffentlichen. Ich wähle das Letztere, weil ich denke, dass sich zu ihrer Vervollständigung später Gelegenheit finden wird, und dass bis dahin von anderer Seite her vielleicht Bestätigungen oder Angriffe geschehen sein werden, welche beide die Entscheidung wesentlich erleichtern und beschleunigen.

Zunächst wäre man vielleicht geneigt, nach Stäbchen von verschiedener Plättchendicke zu suchen. Man findet sie auch verschieden in verschiedenen Thieren; aber in demselben Thiere scheinen die Plättchen von ziemlich constanter Dicke zu sein. (Man könnte vielleicht später aus der Dicke der Plättchen die Farbe erkennen, welche von den verschiedenen Thieren am hellsten gesehen wird.)
So finde ich sie beim Frosch (Rana temporaria) 0,00069 mm.
Max Schultze bei den Tritonen . . . . . 0,0005—6 mm.
bei der Taube . . . . 0,00062 mm.
beim Huhn . . . . 0,00065 mm.
bei den Stäbchen des Meerschweinchens . . . 0,00087 mm. dick.
Ich würde die Zahl der Wellenlängen dafür anführen, wenn sie ohne die Brechungs-Indices der Plättchen gefunden werden könnten. Denn die Wellenlänge in irgend einem Körper bestimmt sich nach der Formel $\frac{\lambda}{n}$, wo λ die Wellenlänge in Luft und n der Brechungsindex der Substanz ist, beides für die betreffende Farbe.

Die Bestimmung des Brechungsindex der Stäbchen hat aber eine grössere Schwierigkeit als sonst bei cylindrischen Körpern, weil, wie sich bald ergiebt, derselbe in der Axe geringer ist als näher der Mantelfläche. Die Folge davon oder der Beweis dafür ist die ausserordentlich grosse sphärische Abweichung, die man beobachtet, wenn man das Bild der Fensteröffnung einzustellen sucht. Die Strahlen der Fensteröffnung, vom ebenen Beleuchtungsspiegel nach oben dem Object zugeworfen, müssen hinter dem cylindrischen Stäbchen zu einer Lichtlinie convergiren, da der Brechungsindex desselben grösser als der der umgebenden Flüssigkeit ist. Wäre der Index durch alle Schichten des Cylinders derselbe, so würde die dabei auftretende sphärische Abweichung nicht verhindern, eine deutliche Lichtlinie ziemlich scharf einzustellen, wie man sich an feinen Glasfäden und andern geeigneten Objecten überzeugen kann. Allerdings ist der Focus der Centralstrahlen etwas höher gelegen als der der Randstrahlen; dies ist aber in noch viel höherem Maasse der Fall, wo wie hier die Centralstrahlen durch eine Masse von geringerem Brechungsindex passiren als die Randstrahlen. Die Beobachtung bestätigt dies auf das Unzweifelhafteste; ich werde aber erst später im Stande sein, die Zahlenwerthe zu ermitteln.

Zugleich zeigt dies ein Verfahren, dessen sich die Natur bedient hat, um mehrere Farben in demselben Retinaelement wahrnehmbar zu machen. Wenn bei constantem Index die Stäbchen, und

dasselbe gilt für die Zapfen, nur für eine Farbe oder einen sehr beschränkten Kreis perceptionsfähig erschienen, so sind sie es jetzt für alle diejenigen Farben, bei denen λ zwischen $\frac{pn}{a}$ und $\frac{pn_1}{a}$ liegt, wobei $\frac{p}{a}$ die Distanz der spiegelnden Flächen oder einen aliquoten Theil derselben bezeichnet, während n und n_1 die Grenzwerthe der Brechungs-Indices sind. Hiernach würde also eine Farbe von grösserer Wellenlänge mehr am Rande des Stäbchens oder Zäpfchens, eine Farbe von kürzerer Wellenlänge in den mehr axialen Theilen desselben empfunden. Mag man auch nur ungern Organen von so minutiöser Kleinheit so complicirte Auffassungen zutrauen, so ist doch offenbar das Organ mit seinen Plättchen schon anatomisch ein sehr complicirtes. Und andererseits ist die Verschiedenheit der Wellenlängen in Medien von verschiedenem Index eine Nothwendigkeit.

Trotz des Ueberraschenden in dieser Anordnung, genügt sie doch nicht etwa zur Perception aller Farben. Der Index der Stäbchen wird dem Anschein nach nirgends grösser sein, als der des Glases d. h. als etwa 1,5. Sollte nun mit Hülfe der Indices das ganze sichtbare Spectrum stehende Wellen von gleicher Länge bilden, so müssten die Indices bis fast auf die Hälfte d. h. bis 0,8 herabsteigen, was offenbar nicht stattfindet. Vielmehr schätze ich das Minimum des Index etwa gleich dem des Wassers d. h. gleich 1,333, so dass die durch dasselbe Stäbchen gesehenen Wellen sich alsdann höchstens verhalten würden wie 8 : 9. Immerhin ist dies ein gewiss beachtungswerthes Mittel, dessen sich die Natur zur Erreichung ihres Zwecks bedient hat.

Noch auf einen andern wichtigen Umstand will ich aufmerksam machen, der als ein Mittel angewandt ist, die Plättchen zur Perception mehrerer und im Spectrum weit getrennter Farben zu befähigen. Die Plättchen haben nämlich eine Dicke, welche der Länge von nicht einer, sondern von mehreren stehenden Wellen entspricht. Legen wir die oben angegebenen Dicken-Messungen mit dem Durchschnittswerth von 0,00065 mm. zu Grunde und supponiren dazu als Brechungsindex 1,5, so repräsentirt diese Dicke einen Raum in Luft = 0,000975 mm. In diesem Raum haben ungefähr von stehenden Wellen Platz:

3 des Strahls C (laufende Wellen = 0,0006564) an der Grenze von Roth und Orange,

4 des Strahls F (laufende Wellen = 0,0004843) im Cyanblau,
5 » » H(» » 0,0003929) an der Grenze des Violet.
Eine kleine Erhöhung des Brechungs-Index oder der Plättchendicke genügt, um diese einfachen Quotienten 3, 4 und 5 von stehenden Wellen solcher Farben zu erhalten, die den in der Young-Helmholtz'schen Theorie angenommenen 3 Grundfarben: Roth, Grün, Violet ziemlich genügend entsprechen.

Es liegt nahe, hierin die physiologische Begründung dafür zu suchen, dass diese Farben als Grundfarben angesehen werden können. Werden wir nicht gerade diejenigen Farben am schärfsten unterscheiden, die mit so einfachen Verhältnisszahlen sich dem Bau der nervösen Elemente anpassen? Werden nicht alle anderen Wellensysteme den Eindruck von Mischfarben machen, indem ihre complicirteren Wellensysteme sich bald dem Systeme der einen Grundfarbe, bald dem einer anderen nähern? Es wird daher künftig zu ermitteln sein, ob die Perception der Zwischenfarben mit dieser Annahme in Einklang gebracht werden kann.

Am schwierigsten und räthselhaftesten bleibt der Bau der Zapfen, die ja nach M. Schultze's Untersuchungen als die Hauptträger der Farbenempfindung angesehen werden müssen. Ihr Brechungs-Index ist stets niedriger als der der Stäbchen und daher eine Abnahme desselben nach der Mitte zu entweder gar nicht oder in geringerem Grade vorhanden. Ihre Beobachtung ist äusserst schwierig wegen ihrer rapiden Vergänglichkeit durch Aufquellen. Trotzdem ist es Max Schultze möglich gewesen, auch in den Aussengliedern der Zapfen die besagten Plättchen zu beobachten. Er hat diese nicht, wie ich vermuthete, von abnehmender Dicke nach der Spitze hin, sondern von gleichmässiger Dicke gefunden.

Jedenfalls wird man sich eher in eine etwas schwierige Berechnung für die Oerter der stehenden Wellen hineindenken als in die Unterscheidung zwischen Hunderten von Billionen Impulsen in einer Sekunde, die man bisher genöthigt war am Orte der Perception anzunehmen. Ich betrachte es als das Hauptresultat dieser Theorie, dass in ihr die Farben-Perception nicht mehr als eine Function der Zeit, sondern als eine Function des Orts betrachtet wird. Und zwar geschieht dies nicht auf Grund willkührlicher Annahmen, sondern auf Grund von Betrachtungen über die Vorgänge, welche beim Eintritt des Lichts in das Auge mit Nothwendigkeit stattfinden müssen.

Ueber die peripherische Endigung der motorischen Nerven.

Von

Dr. W. Moxon.

(Journal of microscop. science, Octoberheft 1866, p. 235.)

Entgegen der von Beale vertretenen und demgemäss in England viel verbreiteten Ansicht, dass die Muskelnerven die Primitivbündel umspinnen ohne einzudringen, kommt Dr. Moxon durch seine Untersuchungen an durchsichtigen lebenden Mückenlarven zu denselben Ergebnissen, wie die meisten continentalen Forscher. Im Kopf der betreffenden, nicht weiter näher bestimmten Mückenlarve verläuft jederseits vollkommen isolirt ein dickes von, Sarcolemma umgebenes Primitivbündel. Zu diesem begiebt sich ein ebenfalls vollkommen frei verlaufender Nerv, dessen Verbindung mit der Muskelfaser nach Moxon unzweifelhaft der Art zu Stande kommt, dass der Nerv das Sarcolemma durchbohrt und sich jetzt zu einer hyalinen, zwischen letzterem und der quergestreiften Muskelsubstanz befindlichen Masse ausbreitet, in welcher kleine Kerne zu liegen scheinen. Dr. Moxon steht nicht an auszusprechen, dass im Princip schwerlich ein Unterschied der Nervenendigungsweise im quergestreiften Muskel des Insectes und der Wirbelthiere bestehen könne, und schliesst sich in der auch in England vielbesprochenen Frage den Ansichten der deutschen Forscher an.

Verzeichniss von Druckfehlern.

Bd. III. Seite 65 Zeile 9 von unten lies Schieck statt Schmidt.
„ 65 „ 15 „ „ „ beleuchten st. betrachten.
„ 66 „ 14 „ oben „ Klemme st. Klammer.
„ 68 „ 17 „ „ „ 9 imm. st. 9 mm.
„ 70 „ 3 „ „ „ IX imm. st. IX Cmm.
„ 144 „ 1 „ „ „ Deckzellen st. Dickzellen.
„ 146 „ 1 u. 3 von oben lies Anhang st. Anfang.
„ 172 „ 23 von oben lies meistens st. gewöhnlich.



Ueber die Genese der Samenkörper.

Von

v. la Valette St. George.

Zweite Mittheilung.

Hierzu Taf. XIV.

In Folgendem gedenke ich, anknüpfend an meine erste Mittheilung über die Genese der Samenkörper [1]), das Ergebniss weiterer Untersuchungen mitzutheilen.

Besondere Berücksichtigung wird dabei eine Arbeit von Schweigger-Seidel [2]) beanspruchen, welche gleichzeitig mit der meinigen publicirt wurde.

Der bewährte Histologe schildert in derselben die Structur der mehr oder weniger reifen Samenkörper und macht uns in Bezug darauf mit Verhältnissen bekannt, welche bisher der Beobachtung entgangen waren, fasst jedoch auch die Entwickelung dieser Formelemente ins Auge und theilt seine Ansichten darüber mit.

Die Substanz, aus welcher die Samenkörperchen gebildet sind, ist nach seinen Angaben keine gleichmässige, sondern zeigt constant

1) Ueber die Genese der Samenkörper. Von v. la Valette St. George. Erste Mittheilung. Archiv für mikroskopische Anatomie, herausgegeben von M. Schultze. Bd. I. 1865. S. 403.

2) Ueber die Samenkörperchen und ihre Entwicklung. Von F. Schweigger-Seidel. Archiv für mikroskopische Anatomie, herausgegeben von M. Schultze. Bd. I. 1865. S. 309.

an verschiedenen Stellen characteristische Eigenthümlichkeiten, und zerfallen hiernach diese anscheinend einfachen Körperchen in mehrere durch Form und chemisches Verhalten wohl unterscheidbare Abschnitte. Der obere Theil des Fadens zeichnet sich nämlich bei den Säugethieren durch grössere und in seiner Länge gleichbleibende Dicke, stärkeren Glanz und verschiedene Reaction gegen chemische Einwirkungen vom unteren Theile aus und nimmt keinen Antheil an der Bewegung. Auch bei den Vögeln und Amphibien ist er durch bestimmte Differenzen characterisirt. Schweigger-Seidel fasst ihn demnach als besonderen Abschnitt auf als zwischen Kopf und Schwanz eingeschaltetes »Mittelstück«.

Die Samenkörper des Menschen lassen dasselbe unschwer nachweisen, getrocknete am leichtesten, bei einzelnen wurde es jedoch vermisst, trotz der Anwendung der von Schweiger-Seidel empfohlenen Hülfsmittel

An Präparaten, welche dem Hoden entnommen waren, erschien das Mittelstück von einer mehr oder weniger starken Lage einer körnigen Substanz umgeben, die nach Aussen entweder rauh oder scharf begrenzt sich zeigte. Dann sah man Kugeln derselben Masse, in welche ein oder mehrere kernartige Körper eingebettet lagen, während am entgegengesetzten Ende der Zahl dieser entsprechende Fäden hervorragten. Fig. I, 1, 2.

Was die Bewegung der menschlichen Samenkörper betrifft, so gelang es mir eben so wenig, als früher, am Kopfe derselben eine solche nachzuweisen; abgerissene Fäden dagegen zeigten sie sehr lebhaft. Bei einigen Objecten, namentlich solchen, an denen der Faden am unteren Ende des Mittelstückes eingeknickt war, blieb das Mittelstück starr, bei andern nahm es, wenn auch in schwächeren Excursionen, als der weiter abwärts liegende Theil des Fadens, entschieden Antheil an der Bewegung.

Samenkörper aus dem Nebenhoden des Igels liessen das Mittelstück meist sehr deutlich erkennen, bei einzelnen verwischte sich jedoch die untere Grenze desselben. Reste von Zellsubstanz sassen bei diesen Objecten in Gestalt eines Knötchens mehr oder weniger dicht unter dem Kopfe. Für die Entwickelung der Samenkörper gibt der Hoden des Igels sehr brauchbare Bilder, weil das Protoplasma der Samenzellen weniger körnig und desshalb durchsichtiger ist. Ich sah solche Zellen mit granulirtem Kerne an dem einen Ende in einen Faden von 0,02 Mm. ausgezogen. Eine Verbindung des

Fadens mit dem Kerne war nicht zu erkennen. Bei andern war der Kern schärfer contourirt, in die Länge gezogen und an dem einen Ende mit einem Knöpfchen versehen. Jetzt liess sich der Zusammenhang mit dem Faden wahrnehmen.

Die Samenkörper aus dem Hoden des Hundes zeigten den Faden an einem bestimmten Theile des oberen Endes verdickt und dunkler. Das Knötchen sass bald unter dem Kopfe, bald am unteren Ende des Mittelstückes, nie tiefer. Auch sah ich solche Fäden, an denen gar kein Mittelstück wahrzunehmen war, eben so wenig irgend ein Anhang. Diese Fäden waren jedoch viel dünner als die der reiferen Samenkörper.

Im Nebenhoden und Samenleiter fand ich ebenfalls zuweilen das Knötchen am oberen Ende des Fadens ansitzend. Bei einigen liess sich keine Grenze zwischen Mittelstück und unterem Theile des Fadens feststellen.

Der Kopf zeigte, wie ich hier beiläufig bemerke, sehr schön die von Valentin[1]) und Anderen beobachteten Querbänder.

Die Kerne mancher Samenzellen hatten an der einen Hälfte ihrer Peripherie einen verdickten Randcontour, zuweilen erschienen sie an der einen Seite wie eingedrückt; an dieser Stelle sass dann eine Art von Bläschen oder hellem Knötchen auf.

Präparate, welche ich aus dem Hoden der Maus Fig. III. gewann, gaben instructive Bilder von dem Hervorsprossen der Fäden bei noch mehr oder weniger unverändertem Kerne. Der obere Theil des Fadens blieb noch eine Zeit lang von einer feinkörnigen Masse umhüllt. Fig. III, 6.

Ueber die Bildung der Samenkörper beim Meerschweinchen habe ich bereits in meiner ersten Mittheilung ausführlicher gesprochen, will jedoch hier noch die Abbildung einzelner Stadien derselben beifügen, welche mir besonders geeignet erscheinen, das Zustandekommen der sogenannten Kopfkappe zu illustriren. Fig. IV.

Beim Kaninchen, Fig. V ist das Mittelstück leicht zu unterscheiden; nur bei einzelnen dem Samenleiter entnommenen Samenkörpern war dessen untere Grenze nicht zu bestimmen. Starr erschien es nur dann, wenn der Faden am unteren Ende desselben

---

1) Histologische und physiologische Studien. Von G. Valentin. Dritte Reihe, in Zeitschrift für rationelle Medicin, herausgegeben von Henle und Pfeuffer. Bd. XVII. S. 216. Ebenso Vierte Reihe, daselbst Bd. XXI. S. 39.

eingeknickt war. Das Knötchen wurde bald an dieser Stelle, bald dicht unter dem Kopfe gesehen.

Die Samenkörper des grünen Wasserfrosches, Fig. VI zeigten mir die Verhältnisse ganz so, wie sie Schweigger-Seidel geschildert hat. Das untere Ende des walzenförmigen Kopfes verhält sich in Bezug auf die Lichtbrechung sowie verschiedenen Reagentien gegenüber anders, als der obere Theil desselben. Sehr deutlich trat der Unterschied hervor, als ich eine concentrirte Lösung von übermangansaurem Kali zusetzte. Fäden und untere Enden des Köpfchens erschienen jetzt wie Kirschstiele, auf welchen die erblassenden oberen Abschnitte des Kopfes aufsassen.

Ueber die Entwickelung dieser Samenkörper hat bereits Schweigger-Seidel das Wesentliche mitgetheilt. Wie jener Forscher vermochte ich die Umwandlung des Kernes in den stäbchenförmigen Kopf zu verfolgen, sowie die Bildung des Fadens aus der Zellsubstanz, Fig. VI, 1—8.

In ganz ähnlicher Weise gestaltet sich die Sache beim gefleckten Salamander, Fig. VII. Der Kern streckt sich und wird zum Kopfe des Samenkörpers. Mehrfach sieht man ihn eingerollt in der Zelle. Seine äusserste Spitze bildet in der Länge von 0,008 Mm. einen vom übrigen Kopfe deutlich abgesetzten Anhang. Ueber die Bildung des Flimmersaumes bin ich leider noch nicht ins Klare gekommen.

Beim gestreiften und noch besser beim Alpen-Salamander liess sich der untere kleinere Abschnitt des Kopfes in der Weise, wie ihn Schweigger-Seidel beschrieben hat, sehr deutlich erkennen.

Ich muss also für die genannten Thiere, denen ich noch Pferd und Schaf anreihen kann, die Angaben Schweigger-Seidels: dass die Samenkörper in mehrere durch Form und chemisches Verhalten wohl unterscheidbare Abschnitte zerfallen, durchaus bestätigen, nur lässt der Umstand, dass ich es in manchen Fällen auch bei anscheinend der Reife nahen Samenkörpern vermisste, einen Zweifel an der Persistenz dieses »Mittelstückes« aufsteigen. Die Untersuchung des Samens innerhalb der weiblichen Genitalien, wo er vielleicht erst seine vollständige Ausbildung erfährt, wird uns darüber aufklären.

Dass das Mittelstück starr sei und an der Bewegung des Fadens keinen Antheil nähme, kann ich nur auf diejenigen Fälle,

welche jüngere Stadien der Entwickelung darstellen, beziehen. Die viel besprochenen Anhänge der Fäden fand ich nicht — »ausnahmslos am unteren Ende,« sondern gar manchmal am oberen Ende — immer mit Schweigger-Seidel im Bereiche des Mittelstückes ansitzen.

Es mag jetzt an der Zeit sein, die Resultate meiner Untersuchungen über die Entwickelung der Samenkörper bei den Wirbelthieren mit den von Anderen gewonnenen zusammenzustellen, eventuell in Verbindung zu bringen.

Kölliker[1], der für die Erforschung dieses mannigfache Schwierigkeiten bietenden Gegenstandes gewiss das grösste Verdienst beanspruchen kann, lässt bei den Säugern Kopf und Faden aus dem Kerne hervorgehen. Der runde Kern wird anfangs einfach länglich und meist abgeplattet ohne sonst sich zu verändern. Dann zeigt sich eine Scheidung desselben in einen vorderen, dunkler contourirten und in einen hintern etwas kleineren blassrandigen Theil. Während am vorderen Pole häufig eine ganz kleine, dunkle, knopfartige Verdickung sich zeigt, tritt am hinteren Ende ein kurzer fadenförmiger Anhang auf, der bald zu einem längeren Faden sich gestaltet, während zugleich der blassere hintere Theil des Kernes immer mehr an Grösse abnimmt. Kölliker fügt übrigens hinzu, dass es ihm auch an den isolirten Kernen bisher noch nicht gelungen sei, den Vorgang vollkommen zu überblicken, spricht jedoch die Vermuthung aus, dass die Samenelemente aller Thiere direkt aus den Kernen der Samenelemente sich hervorbilden. Die entwickelten Samenfäden sollen noch einige Zeit zusammengerollt in ihren Mutterzellen liegen, bis der Kopf an der einen, der Faden an der anderen Seite die Mutterzelle durchbricht, ohne sich in der Regel von dieser zu lösen. Die Reste der Mutterzellen bleiben theils als kappenartige Ueberzüge der Körper, namentlich als bedeutende Anhänge der Fäden noch länger an dem Samenfaden sitzen, und werden im Hoden und im Anfange des Nebenhodens in beträchtlicher Grösse dicht am Körper, im vas deferens als kleine rundliche Kerne weiter von demselben entfernt gegen die Mitte des Fadens ansitzend wahrgenommen.

Beim braunen Grasfrosche sah Kölliker in Uebereinstimmung mit Remak (Ueber Eihüllen und Spermatozoen, Müllers Archiv 1854

1) Physiologische Studien über die Samenflüssigkeit. Von A. Kölliker. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, herausgegeben von v. Siebold und A. Kölliker Bd. VII 1856 S. 201.

S. 252.) einen unveränderten Kern neben entwickelten Samenkörpern in der Zelle liegen.

Ankermann[1]) lässt die Samenfäden des Frosches jeden für sich aus einer kernhaltigen Zelle entstehen. Der Kern wächst zum Griff aus und verlässt zum Theil die Zelle, während an dem andern noch in der Zelle bleibenden Ende desselben der Schwanz sich ansetzt. Er ist der Ansicht, dass beim Auswachsen des Kernes derselbe die Zellenwand mitnimmt, die sich an ihn mehr oder weniger fest anlegt, und dass der Schwanz durch eine Ausstülpung der Zellenmembran entstehe.

Pflüger[2]) hält es für angemessen, das Spermatozoon für eine kleine Flimmerzelle zu erklären und führt den Process seiner Entstehung auf freie Zellbildung zurück.

Henle[3]) nimmt mit Kölliker an, dass für den Menschen und die Säugethiere die Körper der Samenfäden metamorphosirte Kerne seien, dass jedoch zum Behuf der Bildung des Schwanzes der dauernde Zusammenhang des Körpers mit der Zelle ein unerlässlicher sei. Ob der Schwanz im Innern des Anhanges oder durch Auswachsen desselben aus dessen Substanz entstehe, hält er für schwer zu ermitteln. Von Anfang an soll er gerade ausgestreckt erscheinen und zu keiner Zeit aufgerollt im Inneren der Blase liegen.

Grohe[4]) bemerkt zur Entwickelungsgeschichte der Samenkörper, dass die sogenannten Kerne der Samenzellen-Cysten nichts Anderes als Partikel contractiler Substanz seien, durch ihren gleichmässigen Fettglanz und ihre übrige Beschaffenheit von den gewöhnlichen Zellenkernen wesentlich verschieden. Er fand im Froschsamen Zellen, in denen neben diesen glänzenden Partikeln contractiler Substanz eine den gewöhnlichen Zellenkernen ähnliche Bildung vielfach noch bemerkbar ist und wirft die Frage auf, ob diese Körner contractiler Substanz in der That aus einer Umwandlung der gewöhn-

1) Einiges über die Bewegung und Entwickelung der Samenfäden des Frosches von Dr. Ankermann, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Bd. VIII, 1857. S. 129.

2) Ueber die Eierstöcke der Säugethiere und der Menschen von Pflüger, 1863. S. 93.

3) Handbuch der Eingeweidelehre des Menschen von Henle, 1866 S. 356.

4) Ueber die Bewegung der Samenkörper von F. Grohe. Erste Mittheilung Virchow's Archiv Bd. XXXII.

lichen Zellenkerne entstehen oder gleich von Anbeginn selbständige Bildungen sind. Er hält es für wahrscheinlicher, dass die contractile Substanz selbständig aus dem Zelleninhalte sich hervorbilde.

Nach den Beobachtungen von Schweigger-Seidel ist das Samenkörperchen kein einfaches Kerngebilde, sondern entspricht als umgewandelte einstrahlige Wimperzelle einer ganzen Zelle. Es entwickelt sich nicht in einer Zelle. Von den beiden Arten der Zelle aus den Hodenkanälchen geht nur die eine Art mit kleinem hellen Kerne die Umwandlung in Samenkörperchen ein.

Dann stellt Schweigger-Seidel die Entwickelung der Samenkörper des grünen Wasserfrosches in der oben angeführten Weise dar.

In meiner ersten Mittheilung habe ich mich bereits dahin ausgesprochen, dass ebenso wie den Kernen der Zellsubstanz der Samenzellen Antheil an der Bildung der Samenkörper zugeschrieben werden muss. Bei den Säugethieren verändert sich der Kern in der Weise, dass er heller wird, seinen granulirten Inhalt verliert oder statt dessen ein rundes Kernkörperchen zeigt, welches ebenfalls wieder verschwindet. Die eine Hälfte zeigt einen verdickten Contour, sowie eine Auflagerung in Gestalt eines Knötchens, welche zu einem kappenartigen Anhange werden kann. Dabei zieht er sich in die Länge aus und wird glänzend. Zu gleicher Zeit oder schon früher sprosst aus der Zelle der Faden hervor, welcher mit dem Kerne in Verbindung tritt. Die Zellsubstanz schwindet mehr und mehr und haftet, indem der Kopf nach der einen Seite freigeworden, nach der andern der Faden hervorgewachsen ist, zuletzt noch als grösserer oder kleinerer Anhang demjenigen Abschnitte des Fadens an, welcher dem Schweigger-Seidel'schen Mittelstücke entspricht. Dieses bildet gewissermassen die Verlöthungsstelle zwischen Kopf und Faden. Die Zahl der Kerne ist in den Samenzellen sehr verschieden, ihr entspricht jedoch die der Samenkörper, zu deren Bildung also je ein Kern nebst einer bestimmten Menge Zellsubstanz verbraucht wird. Eine Ausnahme davon macht, wie schon bemerkt, der braune Grasfrosch, insofern bei diesem Thiere ein Kern der Samenzelle an der weiteren Entwickelung nicht Theil nimmt.

Man könnte nun mit Grohe fragen, ob jene Kerne sich nicht unabhängig von einem schon bestehenden Kerne selbständig aus dem Zelleninhalte hervorbilden.

Ich glaube bestimmt, dass es die eigentlichen Zellenkerne sind,

welche sich zu den Köpfen der Samenkörper umwandlen; einen entschiedenen Beweis dafür liefert z. B. die Samenentwickelung beim Meerschweinchen, wo der Kern während seiner Metamorphose noch längere Zeit durch das Kernkörperchen bestimmt charakterisirt ist.

Die mehrkernigen Zellen gehen meiner Ansicht nach aus einer Theilung der Kerne hervor. Das Protoplasma dieser Zellen ist vermehrt, jedoch nicht den Kernen entsprechend abgegrenzt. Es repräsentirt jeder Kern nebst einer gewissen Summe Zellsubstanz virtualiter eine Zelle, insofern beide das Bildungsmaterial für je einen Samenkörper hergeben.

Das Vorkommen eingerollter Samenfäden im Innern von Zellen glaubte ich in meiner früheren Mittheilung zu Gunsten Kölliker's auch für die Säugethiere noch aufrecht halten zu können, muss es jedoch jetzt, nachdem ich die passenden Untersuchungsflüssigkeiten genauer ausprobirt habe, mit Henle und Schweigger-Seidel als normalen Vorgang in Abrede stellen und auf eine zu starke Verdünnung solcher Medien zurückführen.

Die Samenentwickelung der Vögel und Fische bietet für die Untersuchung grössere Schwierigkeiten dar, als die der übrigen Wirbelthierklassen und bin ich hier noch nicht zu einem mich vollständig befriedigenden Abschlusse gelangt. Die Angaben Schweigger-Seidel's, dass beim Haushahne der untere Theil des Kopfes von dem oberen verschieden ist, kann ich bestätigen, im Uebrigen muss ich auf meine erste Mittheilung verweisen.

Das grosse Reich der Wirbellosen umfasst ein für den Einzelnen fast zu weites Feld zur Erforschung der Samenelemente und ihrer Entstehung. Aus den zahlreichen Beobachtungen, welche ich nach dieser Richtung gemacht habe, will ich für jetzt nur einige beifügen, die mir ein besonderes Interesse darzubieten scheinen.

Begierig, die Entwickelung der fadenförmigen Samenkörper der Insekten zu studiren, erzog ich mir Mehlkäfer aus ihren Larven und war so im Stande, die verschiedenen Stadien zur Untersuchung zu bringen.

Zerzupft man ein Hodenstückchen der Puppe oder des Käfers gleich nach der Verwandlung, so gewinnt man eine grosse Zahl kleinere und grössere Kugeln, welche eine doppelte, einzelne Kerne einschliessende Membran und im Innern einen Haufen von Zellen wahrnehmen lassen. Diese Membran kommt durch eine Aneinanderlagerung einzelner Zellen zu Stande. Man kann sich hiervon über-

zeugen, wenn man Wasser zusetzt, welches die Zellen aufbläht und in jeder einen Kern mit granulirtem Inhalt erblicken lässt. Die centralen Zellen sind nun verschieden nach der Reife des Organes. Auch sieht man bei jungen Käfern oft in demselben Hoden eine ganze Entwickelungsreihe. In, wie ich annehme, jüngeren Stadien zeigen sie einen granulirten oft streifigen Kern, sind grösser und scheinen in lebhafter Theilung begriffen. Dann gewahrt man solche, welche mehrere blasse Kerne enthalten. Manche dieser Kerne zeigen in der einen Hälfte einen verdickten Randcontour. Einzelne Hodenkugeln enthalten eine sehr auffallende Art von Zellen, welche neben einem blassen Kerne einen eigenthümlichen mehr oder weniger glänzenden Körper enthalten. Zerdrückt man eine solche Kugel und untersucht diese Zellen mit recht starken Linsen, so bemerkt man aus jeder derselben einen feinen Faden austreten, der sich deutlich bis zu jenem glänzenden Körper verfolgen lässt. Dieser Körper zieht sich in die Länge und wird, wie es scheint, zu dem einen verdickten Ende des Samenfadens. Dasselbe verliert jedoch den Glanz und zeigt nur am oberen Ende noch ein stark lichtbrechendes Partikelchen. Es bleibt von einem allmählich schwindenden Reste Zellsubstanz eine Zeit lang eingeschlossen. Aehnliche Protoplasmatropfen haften dem Faden in bestimmten Entfernungen an. Der neben dem glänzenden Körper wahrzunehmende Kern vergeht vollständig.

Mit der fortschreitenden Reife der Samenzellen verändert die ganze Kugel ihre Form, wird birn- zuletzt spindelförmig, platzt an einem Ende und lässt nun die Samenkörper als Samenfäden im eigentlichen Sinne des Wortes austreten.

Denselben Entwickelungsmodus der Samenzelle zu Samenkörper finde ich beim Ohrwurm, der Hausgrille, der blauen Schnarrschrecke, einigen Schmetterlingen und der Hainschnecke, Fig. VIII—XI, nur zeigt deren erste Bildung gemäss der Structur des Hodens gewisse Verschiedenheiten.

Anfangs war ich sehr versucht den eben besprochenen glänzenden Körper im Sinne Grohe's für eine selbständige, aus der Zellsubstanz hervorgehende Bildung aufzufassen, allein die Beobachtung mehrkerniger Zellen mit deutlicher Metamorphose des zweiten oder einzelner Kerne lässt mich vermuthen, dass der Körper ein umgewandelter Kern und Theilproduct des eigentlichen Zellenkernes sei. Wir finden also hier ein ähnliches Verhältniss, wie es in der Abtheilung der Wirbelthiere beim braunen Grasfrosche vorzukom-

men scheint, nur dass dort der nicht metamorphosirte Kern bis zur Reife der Samenelemente fortbesteht. Die trefflichen Untersuchungen v. Siebold's [1]) und Kölliker's [2]) über die Entwickelung der Samenkörper bei den Insecten haben die Art und Weise der Entstehung dieser Gebilde aus den Samenzellen noch nicht vollständig aufgeklärt. Selbst durch die neueste Arbeit über diesen Gegenstand von H. Landois [3]) scheint mir die Sache noch nicht zum Abschlusse gediehen zu sein. Bis jetzt vermag ich wenigstens seine Angaben mit meinen Erfahrungen über die Entwickelung der büschelförmigen Samenkörper nicht in Einklang zu bringen.

Ueber die Samenentwickelung der Lungenschnecken liegt eine neuere Mittheilung von Keferstein [4]) vor, welche, wie ich constatiren kann, die Verhältnisse bei Helix pomatia mit grosser Genauigkeit wiedergiebt. Neben der Weinbergschnecke verwandte ich die Hainschnecke, deren Hoden ganz ähnliche Bilder liefert. Fig. XI, 1—4. Keferstein lässt das Zoosperm aus dem Inhalte der Samenzelle ohne Betheiligung des Kernes entstehen, ein Punkt, dessen nicht ganz leichte Entscheidung weiteren Untersuchungen anheimgegeben werden muss.

1) Müllers Archiv, 1836, S. 13. Ueber die Spermatozoiden der Locustinen. 1845.

2) Beiträge zur Kenntniss der Geschlechtsverhältnisse und der Samenflüssigkeit wirbelloser Thiere. 1841. Die Bildung der Samenfäden in Bläschen. 1847.

3) H. Landois, die Entwickelung der büschelförmigen Spermatozoen bei den Lepidopteren. Müllers Archiv. 1866, S. 50.

4) Die Klassen und Ordnungen des Thierreichs von Bronn, fortgesetzt von W. Keferstein. Bd. III, Abth. II, 1862—1866, S. 1215.

Erklärung der Abbildungen.

I. Mensch.
1. Samenzelle mit veränderten Kernen und hervorsprossenden Fäden.
2. Samenkörper mit anhängendem Zellenreste.
3. Anscheinend reife Samenkörper.

II. Hund.
1—3. Samenzellen mit umgewandelten Kernen und austretenden Fäden.
4. Vier Samenkörper noch vereinigt durch Zellsubstanz.
5—9. Entwickelungsstufen der Samenkörper.

III. Maus.
1—5. Samenzellen in der Entwickelung.
6. Samenkörper mit anhängendem Protoplasmareste.

IV. Meerschweinchen.
1—6. Einkernige Samenzellen in allmählicher Umbildung des Kernes und Bildung des Fadens.
7—9. Mehrkernige Zellen, deren Kerne sich in gleicher Weise verändern.
10. Zweikernige Zelle mit veränderten Kernen und ausgetriebenen Fäden.

V. Kaninchen.
1—2. Samenkörper mit anhängenden Resten von Zellsubstanz.
3. Anscheinend reifer Samenkörper.

VI. Grüner Wasserfrosch.
1—8. Entwickelung der Samenkörper.

VII. Gefleckter Salamander.
1. Amöboide Samenzelle.
2—3. Zellen mit verändertem Kerne.
5—6. Weitere Entwickelung des Kernes und Bildung des Fadens

VIII. Ohrwurm.
1—3. Entwickelung des Samenkörpers neben dem Kerne.

IX. Hausgrille.
1—4. Entwickelungsstufen der Samenkörper.

X. Blaue Schnarrschnecke.
1. Zelle mit Kern und eigenthümlichem Körper im Protoplasma.
2. Zelle mit Kern und hervorsprossenden mit jenem Körper in Verbindung stehenden Fäden.

XI. Hainschnecke.
1—3. Zellen mit theilweise entwickelten Samenkörpern.
4. Mehrkernige Zelle mit zwei in der Entwickelung begriffenen Samenkörpern.

Ueber den Bau und die Entwickelung der Labyrinthuleen.

Von

Professor L. Cienkowski.

Hierzu Taf. XV, XVI, XVII.

Unter den niedrigen Seealgen, die die Pfähle des Odessaer Hafen, oberhalb des Wasserstandes mit einer Kruste bedecken, fand ich Organismen, die zu dem von mir früher beschriebenen Fadenplasmodium in einiger Beziehung stehen [1]. Ein reicheres Untersuchungsmaterial als ich damals zur Verfügung hatte und gelungenere Kulturversuche ergaben einige neue Thatsachen, die für die Deutung dieser Bildungen nicht ohne Einfluss sein dürften und wie ich glaube uns berechtigen in den fraglichen Wesen eine neue Organismengruppe zu erkennen. Sie möge mit dem Namen Labyrinthuleae bezeichnet werden.

Die Labyrinthuleen stellen Wesen von mikroskopischer Kleinheit dar; sie bilden dünne, netzartig verzweigte, farblose Fäden, an welchen spindelförmige Körper sehr langsam in verschiedenen Richtungen herumgleiten (Fig. 1). Die Maschen dieses Netzes sind von mannigfaltigster Grösse und Umgrenzung: Maschen mit gradlinigen, bogenartig gekrümmten, selbst sich schlängelnden Seiten liegen nebeneinander. Charakteristisch ferner für die ganze Bildung sind an verschiedenen Stellen eingebettete Kugeln oder Spindeln, in welche die Fadenwege einmünden und andrerseits wieder entspringen; oft fehlen die Maschen fast gänzlich, wodurch eine mehr bäumchenartige Verzweigung der Fadencomplexe hervortritt (Fig. 2). Die

1) Pringsheim, Jahrbücher Band III p. 408.

Netze so wie die Bäumchen entspriessen aus einem Centralhaufen, der zuweilen die Grösse eines Stecknadelkopfes erreicht. In diesen kugelrunden oder auch verschieden geformten Anhäufungen findet man die Labyrinthuleen auf den mit einer Algenkruste bedeckten Holzstücken, wenn man dieselben in Seewasser eingetaucht mehrere Tage stehen lässt (Fig. 3).

Bis jetzt gelang es mir blos zwei specifisch verschiedene Formen aufzufinden, die eine mit dottergelben, die andere mit farblosen Spindeln. Ich vereinige beide unter dem generischen Begriff: Labyrinthula und benenne die erste L. vitellina, die zweite L. macrocystis[1]).

Ich gehe nun zuvörderst zu der näheren Untersuchung der Labyrinthula mit dottergelben Spindeln über.

---

1) Da die Labyrinthuleen in Wasser unter Deckgläschen absterben und nur kurze Zeit in flach ausgebreiteten Wassertropfen auf dem Objectträger gedeihen, folglich der Beobachtung bei starker Vergrösserung nicht zugänglich sind, so ist es unentbehrlich eine Vorrichtung herzustellen, die ermöglicht den zu schnell abdampfenden Wassertropfen längere Zeit in einer mit Feuchtigkeit gesättigten Luft zu untersuchen. Zu diesem Zwecke könnte man sich der Recklinghausen'schen Kammer bedienen; eine noch einfachere wird indessen am besten erzielt, wenn man nach Hoffman's Verfahren eine aus Papppapier verfertigte durchbohrte Platte mit Wasser benetzt auf den Objectträger auflegt; der zu untersuchende Gegenstand wird aber nicht, wie in der Hoffman'schen Kammer auf den Objectträger, sondern auf das Deckgläschen in Wassertropfen gelegt und mit diesem, das Object nach unten gerichtet, die Oeffnung der Platte zugedeckt. Um den Zutritt der Luft zu der so hergestellten Kammer nicht abzuschliessen muss das Deckgläschen etwas grösser sein als die Pappöffnung und wird so gelegt, dass es einen Theil der Oeffnung unbedeckt lässt. Auf diese Weise kann man längere Zeit den auf dem Deckgläschen hängenden Tropfen ruhig untersuchen und nach vollendeter Beobachtung den Objectträger mit der Kammer in einem abgeschlossenen feuchten Raum zu weiterer Untersuchung aufbewahren. Dampft der Wassertropfen nach einigen Tagen merklich ab, so hebt man das Deckgläschen behutsam auf und thut neues Wasser hinzu. Für Organismen, die Ruhezustände besitzen, wie Algen, Rhizopoden, Infusorien u. d. gl. leistet erwähnte Vorrichtung sehr wesentliche Dienste, da man das sehr langsame Austrocknen und Kultiviren in feuchter Luft vollständig in seiner Hand hat. Ausserdem können die ausgetrockneten Gegenstände auf dem Deckgläschen aufbewahrt und nachträglich von Neuem mit Wasser benetzt zu fernerer Untersuchung dienen. Ich verdanke diese wesentliche Verbesserung der Hoffman'schen Kammer der gefälligen Mittheilung des Herrn Famitzin, Privatdocenten in Petersburg.

In Fig. 1 und 2 sind Exemplare, wie sie sich auf dem Deckgläschen während 24 Stunden entwickelt haben, bei einer 130maligen Vergrösserung vermittelst der Camera lucida abgebildet. Drei Bestandtheile der ganzen Bildung: die Centralmasse, die Spindeln und die Fadenbahn bieten sich sofort unserer Aufmerksamkeit dar und bedürfen einer eingehenderen Betrachtung.

Die Centralmasse besteht aus einem Haufen von Kügelchen (0,012 mill. im Durchmesser), deren Contour sehr zart umgrenzt, deren Inhalt mehr oder weniger mit ziegelrothem oder dottergelbem Pigment tingirt erscheint (Fig. 5). Der ganze Haufen ist von einer zarten, feinkörnigen Rinden-Substanz zusammengehalten, die oft an der Peripherie eine dünne umhüllende Schicht bildet (Fig. 5, r). Durch Alkohol tritt sie in Form einer zarten von den zusammengeschrumpften Kügelchen abstehenden Contour schärfer hervor. Jod färbt diese Substanz weder blau noch braun; concentrirte SO_3 löst sie auf; durch Verbindung beider Reagentien konnte ich die Cellulosereaction nicht wahrnehmen.

Ausser dem grossen Centralkörper giebt es an verschiedenen Stellen der Netze kleinere Kügelchenaggregate, die jedoch von keiner Rindensubstanz zusammengehalten werden. Aus dem Centralkörper, wie auch aus den kleineren Haufen entspringen nun nach verschiedenen Richtungen hin farblose, meistens sehr dünne, mitunter dicke, anastomosirende Stränge, in welchen die ziegelrothen Spindeln einzeln, oder zu mehreren aneinander gelegt sehr langsam ihre Wege verfolgen.

Suchen wir zuerst in die Verhältnisse, in welchen die Kügelchen des Centralkörpers zu den wandernden Spindeln stehen, Einsicht zu gewinnen. An der Peripherie des Centralhaufens haben einige Kügelchen eine mehr ovale Gestalt; beobachtet man längere Zeit so ein Kügelchen des Haufenrandes, so wird man gewahr, dass es allmählig die Spindelform annimmt und langsam auf die Fadenbahn übergeht; ihm folgt das nächste, u. s. f. (Fig. 6, 7, 8). In stärkere Stränge pflegen gewöhnlich viele aneinandergeklebte einzutreten (Fig. 6, 5). In einer Zeit von mehreren Stunden kann man den grössten Theil der Kügelchen des Centralkörpers, nachdem sie die Spindelform angenommen, in die Stränge und Fäden eintreten, die Anastomosen passiren und bis zum Rande der Flüssigkeit wandern sehen. Auf diese Weise verlassen alle Kügelchen die Centralmasse, oder es bleiben nur wenige oft in Theilung begriffene

zurück; die Rindensubstanz scheint dabei keine merkliche Veränderung zu erleiden. Somit stellt sich aus diesen Thatsachen unzweifelhaft heraus, dass die Spindeln nicht aus einem flüssigen Plasmareservoir ausgeschieden werden, sondern in Form von Kügelchen in dem Centralhaufen vorgebildet vorhanden sind. Wenden wir uns jetzt zu der Betrachtung der Spindeln selbst.

Die Form der Spindeln, so wie ihre Grösse sind sehr veränderlich (Fig. 10, a, b, c, d). Zwischen der Kugelform und einem in der Mitte allmählich verdickten Faden giebt es alle Uebergänge. Ihre Contour ist so zart, dass sie bei mehreren sich berührenden Individuen oft nicht mehr zu erkennen ist; daher erscheinen die in dicken Strängen wandernden, oder in Haufen vereinigten Spindeln einer Protoplasmamasse gleich als eine homogene Substanz (Fig. 11 p′). Eine anhaltende Beobachtung belehrt indessen, dass eine Verschmelzung der sich berührenden Spindeln nie stattfindet und dass die scheinbar einförmige Masse immer aus gesonderten Individuen zusammengesetzt ist. Mit Deutlichkeit ist die Structur der Spindeln an solchen Exemplaren zu erkennen, die die Endzweige der Fadenbahn oder die Peripherie des Wassertropfens einnehmen. Ihr Körper ist dann abgeflacht ausgebreitet, von keiner sichtbaren Membran umgrenzt; er stellt einen Schleimkörper mit eingestreuten Körnern und Pigmentpartikelchen dar; die Mitte nimmt ein Nucleus, der als eine helle Vacuole, welche einen stark lichtbrechenden Nucleolus einschliesst, erscheint (Fig. 10). Ziehen wir noch in Betracht, dass die Spindeln, wie unten näher angegeben wird, durch Theilung sich vermehren, so steht nichts im Wege dieselben als Zellen zu erklären. Durch Jodtinktur erscheint an der Oberfläche der Spindel eine scharf umschriebene Contour, die sich braun färbt und mehr oder weniger vom Inhalte absteht (Fig. 12 a, b, c); Alkohol löst das Pigment auf, die entfärbten Kügelchen zurücklassend. Die so behandelten Spindeln färben sich von J nicht blau, was augenblicklich geschieht, wenn man zu frischem Material Jodtinctur hinzusetzt; bei längerer Einwirkung wird die ganze Spindel dunkelbraun. Das Pigment hüllt folglich die Körnchen ein, sein Verhalten zu concentrirter SO_3 zeigt, dass es in die Categorie der Farbstoffe, die man in den rothen Flecken der Euglenen, Räderthiere, des orangegelben Inhalts der Uredineen u. a. m. vorfindet, gehört. Bei der in Rede stehenden Labyrinthula erscheint die dottergelbe Farbe allmählig erst nach andauerndem Wandern in grossen Anhäufungen der Indi-

viduen und nicht in allen Spindeln zu gleicher Zeit. Die Formänderung, welche die Spindel während der Bewegung aufweist, zeigt, dass ihr ein gewisser Grad von Contractilität zukommt. An den Spitzen, wie man an den grösseren Individuen der L. macrocystis sehen kann, ist der Körper weicher, oft in einen Hals ausgezogen und geht scheinbar ununterbrochen in die Fadenbahn über (Fig. 10, b.); häufig dagegen bemerkt man nur eine feine Spitze, die die Verbindung beider vermittelt. Durch Einwirkung von Reagentien, oder beim Absterben der Bahn wird an beiden Spindelenden nicht selten ein formloser Schleimklumpen sichtbar (Fig. 12, d).

Wenden wir uns jetzt zu der Betrachtung der seltsamen Bewegungen, die die Spindeln auf der Fadenbahn vollziehen.

Die Bewegung ist eine gleitende, direkt kaum wahrnehmbare. Aus einigen Messungen ergab sich die Geschwindigkeit von $^1/_{40}$—$^1/_{80}$ mil. in der Minute, welche Zahlen übrigens bedeutenden Schwankungen unterliegen. Die Hauptrichtung, wohin die Spindeln auf der labyrinthischen Bahn hinstreben, ist auf das Erreichen der Peripherie des Tropfens abgezielt. Jedoch nicht immer wird der kürzeste Weg dazu benutzt: so z. B. die Spindel a in der Figur 13, statt rechts einzubiegen, um direkt den Punkt c zu erreichen, rückte sie dem Faden d entlang, passirte die rechtwinkelige Anastomose b, um schliesslich in c anzulangen. Die darauf folgende Spindel f schlug dagegen den kürzesten Weg ein und ist an der Stelle c viel früher als die ihr vorangegangene Nachbarin angekommen. Diese Umwege führen oft die Spindel dem Ausgangspunkte zurück, was mehrere Male sich wiederholen kann. So ein Fall ist in Fig. 14 versinnlicht: die Spindel a bewegte sich in der Richtung bcd, erreichte den Haufen, ging von Neuem denselben Weg bis x, wo dann, an den Faden e f angelehnt, sie den Strang p erreichte, der sie nun wie auch andere aus verschiedenen Gegenden zueilende Spindeln in der Richtung ps weiter beförderte. Ausserdem wird auf demselben Faden eine Verlangsamung der Bewegung irgend einer beliebigen Spindel wahrnehmbar, indem die ihr folgenden sie einholen, sich an dieselbe anlegen, weiter gemeinschaftlich die Wanderung fortsetzend; oder es geschieht häufig, dass die nachkommenden, ohne den Faden zu verlassen, neben der verspäteten vorbeigleiten, um weiter dem Ziele der Wanderung näher zu rücken. Solche unterwegs stehenbleibende Individuen nehmen nachträglich eine Kugelgestalt an und bleiben am Faden angeheftet liegen (Fig. 11, s). In diesem Falle, sonst

auch wenn irgend ein fremder Gegenstand die Bahn belastet, sieht man die von Ferne anrückenden Spindeln sich mit Mühe durch diese Stellen durcharbeiten: dabei ziehen sie sich gewöhnlich in einen langen vorwärts gerichteten Hals aus und schleppen den unteren, angeschwollenen Theil allmählich nach sich; ist einmal das Hinderniss überwunden, so kehrt die frühere Form zurück. Dergleichen Gestaltänderung beobachtet man auch, wenn eine Spindel von einem Faden auf einen seiner Zweige übergeht; dabei krümmt sie sich der Contour der Anastomose sich anpassend, worauf, bei weiterem Vorrücken in der gradlinigen Bahn, die ursprüngliche Spindelform wieder erscheint (Fig. 13, b, c.). Führt dann der Weg zu einer gemeinschaftlichen Platte die nach verschiedenen Richtungen in Fäden ausläuft, so lenken die Spindeln, die bis dahin denselben Weg verfolgten, beim Ausgange aus der Platte in verschiedene Fäden ein oder, ohne sich zu trennen, rückt die ganze Reihe einem beliebigen Aste folgend langsam voran. Es ist noch zu bemerken, dass eine zeitweise Rückwärtsbewegung stattfinden kann, obwohl doch zuletzt der Ausgang aus dem Wasser das Ziel dieser seltsamen Wanderung zu sein scheint.

Was die Ursache der Bewegung anbelangt, so ist mir zur Zeit keine Thatsache aufgefallen, die zu einer Erklärung führen könnte; so viel ist gewiss, dass bei der Starrheit der Bahn die Ursache in den Spindeln zu suchen ist, wenn auch letztere ausserhalb der Bahn sich nicht zu bewegen vermögen.

Der dritte wesentliche Theil der Labyrinthuleen, dessen Beurtheilung das wichtigste Moment für das Verständniss dieser Gebilde abgeben dürfte, ist die seltsame Fadenbahn. Wie soll nun diese aufgefasst werden? Stellt sie ein System von communicirenden Röhren oder netzartig zusammengewachsenen, soliden Fäden dar, oder sollen wir zuletzt in dem farblosen, anastomosenbildenden Gerüste ein Protoplasmagebilde erkennen?

Um diese Frage zu erörtern betrachten wir erst die fertige Bahn.

Wie schon erwähnt wurde, wachsen aus dem Centralhaufen mehrere Fäden und Stränge, deren zahlreiche Aeste und Zweige netzartige Vereinigungen eingehen. Die Dicke dieser Fäden ist sehr verschieden, beim Ausgange aus dem Centralhaufen erreichen sie oft einen Durchmesser, der der Länge der Spindel gleicht; sie haben dann ein glasiges Aussehen (Fig. 6, a), ihre Substanz ist entweder ganz hyalin, einförmig oder sie zeigt eine sehr feine faserige Struc-

tur, die man auch in den Strängen von homogener Beschaffenheit durch Einwirkung der Essigsäure hervorrufen kann. Durch Druck auf das Deckgläschen reissen die Stränge leicht vom Centralkörper ab, wobei das faserige Gefüge der Bruchfläche deutlich zum Vorschein kommt. An der Peripherie läuft das Labyrinthula-Gerüste in sehr dünne, oft kaum sichtbare Strahlen aus; dieselbe Beschaffenheit findet man an den dicht am Rande des Tropfens sich hinziehenden Fäden mit dem Unterschiede, dass hier die Zweige fast rechtwinkelig zu dem Hauptfaden stehen, sich wiederholt dichotomisch theilen und alle den Rand der Flüssigkeit erreichen. In der ganzen Bahn, in den kräftigsten Strängen, wie auch in den feinsten Strahlen habe ich nie fremde Körper, die man als Nahrung deuten könnte, gefunden.

Bei unausgesetzter Beobachtung des fertigen Labyrinthula-Gerüstes gewinnt man die Ueberzeugung, dass es keine Contractilität besitzt, keine Bewegung an der Oberfläche oder im Innern aufweist, kein Einziehen noch Hervortreiben der Strahlen in der Art der Rhizopoden-Pseudopodien wahrnehmen lässt, im Gegentheil, die ganze Bahn ist ein starres, unbewegliches Gebilde. Ist diese Starrheit der Bahn, der Auffassung derselben als eine Protoplasmabildung nicht günstig, so sind wiederum andere Erscheinungen vorhanden, die dieser Annahme scheinbar einen gewissen Halt gewähren — ich meine die Structur der Anastomosen. — Man findet nämlich sehr häufig, dass in der Ecke, wo zwei Fäden zusammentreten, eine äusserst feine Lamelle, in der Art, wie die Platten der Polythalamien, zum Vorschein kommt (Fig. 8, p; 11, p). Die zwei Seiten dieser Lamelle werden von den zusammenstossenden Fäden, die dritte von einer feinen kaum sichtbaren Bogenlinie, deren Convexität gegen den Winkel gerichtet ist, gebildet. Zwar ist diese Lamelle bei weitem nicht so beweglich, wie die der erwähnten Organismen, obwohl eine anhaltende Beobachtung uns zeigt, dass die zarte Bogenlinie hinauf und hinunter rückt, ja selbst ganz verschwindet, um wieder von Neuem zu erscheinen. Dieselben Verhältnisse wiederholen sich an den grösseren Vereinigungspuncten vieler Fäden (Fig. 11, p). Wir bemerken hier ebenfalls, dass die Platte in welche zahlreiche Fäden einmünden, die Umrisse sehr langsam ändert, sich dehnt oder auf das Minimum zusammenfällt, wo dann die einmündenden Fäden, wie aus einem Mittelpuncte ausgehend erscheinen. Dieses Verhalten der Platten war mit der Starrheit der Fadenbahn, mit der Vermuthung,

sie sei ein netzartiger Zellencomplex nicht gut in Einklang zu bringen, wogegen die Annahme eines Protoplasmagebildes mehr den Thatsachen zu entsprechen schien. Ich muss gestehen, dass ich auf die Anwesenheit und Veränderlichkeit der Lamellen und grösseren Platten gestützt im Laufe fast der ganzen Untersuchung mich von dieser Auffassung leiten liess, bis eine vielfach wiederholte Betrachtung der Anastomosen mir den wahren Sachverhalt enthüllte. Es hat sich denn herausgestellt, dass die Lamellen und Platten als solche gar nicht existiren, sondern nur Interstitien zwischen verflochtenen, sich aneinander anschmiegenden Fäden oder einem dichten Bündel derselben vorstellen. Betrachten wir in der That bei einer starken Vergrösserung zunächst einen Faden, der sich in zwei spaltet und eine Lamelle einschliesst (Fig. 16). Mit der grössten Deutlichkeit erkennen wir, dass der Hauptfaden a (Fig. 16) nicht am Anfange der Gabelung endet, sondern noch ein wenig emporwächst und dann erst in zwei zarte Fäden zerfällt, die nach rechts und links unter einem stumpfen Winkel abgehen, sich an die Wände der Gabelung anschmiegend. Der Faden a theilt sich also vom Puncte b aus in drei Zweige, von denen der kürzere, der mittlere c sich wieder in zwei d und f spaltet; die letzteren bilden die zarte Linie die besonders bei schwacher Vergrösserung als die Umgrenzung einer scheinbar die Ecke ausfüllenden Lamelle sich darstellte. Dasselbe Verhältniss macht sich auch bei der genauen Betrachtung solcher Stellen, wo viele Fäden einmünden, geltend; man muss nur für die Beobachtung die Zeit abpassen, wo das Interstitium von den wandernden Zellen ganz geräumt ist, wodurch die vermeintliche Platte unverhüllt einen Blick in ihre Structurverhältnisse gestattet. Auch hier werden die scheinbare Platte, theils in gerader Richtung, theils in Bogenlinien durchziehende zarte Fäden sichtbar (Fig. 17, a); diese sind blos Verlängerungen der in den gemeinschaftlichen Raum einmündenden Fäden, die sich weiter an andere anlegen. Es wird somit augenscheinlich, dass die Platte ein Fasergeflecht vorstellt; rücken in dem Kreuzungspuncte desselben viele Fäden hart aneinander, so erscheint das Interstitium von einer Substanz erfüllt, in der man die gesonderten Fäden nicht mehr zu unterscheiden vermag (Fig. 15). Das oben erwähnte Collabiren der Fäden wird wahrscheinlich seine nächste Ursache in der durch Anhäufung der Spindeln an verschiedenen Sammelplätzen bedingten, ungleichen Dehnung der ganzen Bahn finden.

Hat man einmal die Platten als locker oder dicht vereinigte Fäden erkannt, so wird es auch sehr wahrscheinlich, dass man die einmündenden Stränge als Fadencomplexe, welche beim Durchgang durch das Interstitium aus dem Verbande treten, zu betrachten hat. Wir finden auch wirklich, dass dickere Stränge an verschiedenen Stellen ihr scheinbar homogenes, glasiges Aussehen verlieren und in einen Mantel von vielen sich schlängelnden Fasern spalten (Fig. 17, b). Selbst im glasigen Theile des Stranges erkennt man häufig, auch ohne Reagentien eine zarte Längsfaserung, die die Vereinigung vieler Fäden andeutet und der Annahme einer Verschmelzung der Fasern nicht zu Gunsten spricht. Was die feinsten Fäden betrifft, so sind diese zu zart um Einsicht in ihr Gefüge zu gewinnen; nach der Analogie mit den Platten und Strängen wird es wahrscheinlich, dass sie sich nur berühren, verkleben ohne zu verschmelzen. Bei der Erwägung der Gründe, die für die Protoplasmanatur der Bahn scheinbar sprechen und den Beobachter irre leiten können, sei noch der Erscheinungen, die das Absterben des Labyrinthula-Gerüstes begleiten, Erwähnung gethan.

Nachdem die Spindeln das Ziel ihrer Wanderung erreicht haben, oder noch bevor dies geschah, wird die Bahn an verschiedenen Stellen unkenntlich, an anderen dagegen nimmt sie eine schleimige oder gallertartige Consistenz an, die Spindeln mehr oder weniger einhüllend; sehr deutlich erscheint diese Umhüllung in den in kleine Haufen zusammengeballten Spindeln mitunter bei vereinzelten Individuen (Fig. 18, a). Ausserdem pflegen die Stränge und Fäden beim Absterben zahlreiche knotenartige Auftreibungen, in welchen Vacuolen auftreten, zu bilden (Fig. 19, a). Diese an das Protoplasma erinnernden Verhältnisse treten besonders deutlich an den Kreuzungspuncten vieler Fäden und längs der stärkeren Stränge hervor (Fig. 14, g; 19, a). Auch die neuen aus dem Centralkörper hervorschiessenden Stränge schwellen zumal bei andauernder Beobachtung, wahrscheinlich durch Licht bedingt, plötzlich in zahlreiche Knoten an, die mit den in sie einmündenden Fäden auf das täuschendste das Bild einer Protoplasmaplatte wiederholen. Bei fortschreitender Zerstörung der Bahn werden die dünnen Fäden unsichtbar; die Knoten, unter Vacuolenbildung vermindern ihr Volumen, werden oft getheilt bis sie sich schliesslich ganz der Beobachtung entziehen.

Wenn wir auf diese Weise aus der Betrachtung des fertigen Labyrinthula-Gerüstes einerseits zu der Ansicht gelangen, dass die

Bahn ein starres Gebilde, an dem man die Haupteigenthümlichkeiten des Protoplasma: die Contractilität, die Bewegung, Verschmelzung der Theile vermisst, darstellt; so müssen wir anderseits die Frage, ob wir es hier mit einem System communicirender Röhren, oder soliden verflochtenen Fäden zu thun haben, noch offen lassen. Die Hauptschwierigkeit, die bei dieser Untersuchung sich dem Beobachter hinderlich in den Weg legt, besteht in der ausserordentlichen Dünnheit der Fasern, die uns nicht erlaubt den Zusammenhang der Spindeln mit der Bahn deutlich zu erkennen. Weder die directe Wahrnehmung noch die Wirkung der Reagentien giebt uns Aufschluss darüber, ob die Spindel in den Fäden oder zwischen denselben die Wanderung vollzieht. Das Uebertreten der Spindel von einer Faser auf eine andere von ihr sich abzweigende ist mit beiden Annahmen vereinbar; ebenfalls könnte die Thatsache, dass durch Einwirkung der Reagentien, Jod z. B., um die Spindel eine von ihr abstehende Contour, welche nach oben und unten in den Faden direct sich fortsetzt, erscheint, zu Gunsten beider Ansichten benutzt werden (Fig. 12, c); diese Contour mit anhängenden Fasern könnte man als eine Röhre in der sich die Spindel bewegt, oder als zwei der Länge nach sich berührende Fäden, zwischen welchen die Spindel gleitet, deuten. Das letzte scheint wahrscheinlicher zu sein, besonders wenn man die Zartheit der Fäden und ihre Entwickelung berücksichtigt.

Suchen wir zuletzt die Art und Weise, wie diese seltsame Bildung aus dem Centralkörper hervorsprosst, wo möglich Schritt für Schritt zu verfolgen. Legen wir zu diesem Zweck einen nicht zu kleinen Theil des Kügelchenaggregates auf das Deckgläschen in Seewasser und bedecken damit die Oeffnung der feuchten Kammer.

Die Kügelchen sind, wie schon angegeben wurde, in einer farblosen feinen Substanz eingebettet; keine Spur eines Fadens oder Stranges ist auf der Oberfläche, wie auch im Innern des Ballens aufzufinden. Nach einigen Stunden (1 bis 6) tritt schon eine merkliche Veränderung ein. Die bis dahin glatte Oberfläche wölbt sich an verschiedenen Stellen; in diesen Hervorstülpungen wird man einer Unzahl feinster Fäserchen und Stäbchen gewahr; aus den tiefer gelegenen Schichten des Centralhaufens schiessen zahlreiche, farblose Strahlen in verschiedenster Richtung, die Bindesubstanz durchbrechend, empor (Fig. 5, 20). Stellenweise erscheinen auch kräftigere sich verzweigende Stämme, deren einige das charakteristische faserige Gefüge (Fig. 6, 8), andere eine glasige, scheinbar homogene Be-

schaffenheit aufweisen. Aus beiden schiessen plötzlich von der ganzen Oberfläche, besonders aber aus den freien Enden eine Unzahl feinster Fasern, einem Haarpinsel gleich, empor (Fig. 9), oder es zerfällt der Strang in eine Menge netzartig verbundener, zarter, durcheinander gewirrter, gekräuselter Fäden, welche von der unzerklüfteten Basis des Stranges getragen werden (Fig. 21). Bei ungünstigen Einflüssen, bei intensiver Beleuchtung, verschwindet dieser Haarüberzug eben so rasch, wie er entstand; selbst bei normaler Entwickelung werden viele der feinsten Fäden unsichtbar, die stärkeren dagegen schwellen an, in die bekannten Knoten sich nach und nach auflösend.

Bei anhaltender Beobachtung einer Strangspitze sieht man sie allmählich immer weiter vorwärts schiessen und quastenartig in Fasern zerfallen. Es hat fast den Anschein, als wäre schon in dem faserig gewordenen Strange selbst das Netz im voraus in minimaler Dimension zusammengeschrumpft vorhanden und dürfte nur nach allen Richtungen sich ausbreiten, um einen Theil der Bahn herzustellen. Während dieser Umgestaltung des beobachteten Stranges haben sich an anderen Stellen des Centralhaufens die emporsprossenden Strahlen mit ihren freien Enden in mehrere Bündel vereinigt, welche bei weiterer Formung der Bahn wiederum in gesonderte oder stellenweise verklebte Fasern zerfallen (Fig. 6, a, b). Indem nun von der einen Seite die fortwährend aus dem Haufen sprossenden Fäden sich in Bündel vereinigen und weiter wieder von Neuem sondern, von der anderen aber grössere Stämme in Netze bildende Fasern sich lösen, entsteht in mehreren Stunden (6—24) die merkwürdige Faden-Bahn, den Weg für die Zellenwanderung voraus bezeichnend. Allein, die mitgetheilten Thatsachen erledigen noch nicht die Frage, von wo eigentlich das Material zu der Bahn-Bildung herstammt: ist es die Bindesubstanz des Centralkörpers, die in verflochtene Fäden zerfällt, oder sind es die Spindeln selbst, die das Gerüste unmittelbar aufbauen? Folgende Thatsachen dürften Aufklärung darüber geben.

Nackte, der Rindensubstanz entbehrende Spindelhaufen, so wie auch gesonderte Spindeln, die kein Fadengerüste besitzen, sind im Stande ein solches aufzubauen. Die auf dem Substrat oder der Objectplatte zerstreuten Individuen sondern ein jedes für sich eine Bahn aus; die Fasern dieser partiellen Gerüste bilden aneinanderstossend Vereinigungswege, auf welchen die gleitenden Spindeln von

Neuem in einen Haufen zusammentreten können. Aus dem Gesagten folgt also, dass die Rindensubstanz an der Bildung der Bahn keinen Antheil nimmt, sondern die Spindeln das Gerüste aufbauen. Inwiefern aber blos die Spindelspitze, oder die ganze Oberfläche bei dieser Absonderung betheiligt werden, darüber giebt uns die mikroskopische Beobachtung keinen Aufschluss. Alles, was man im Beginne der Entstehung der Bahn, sei es an einer oder mehreren in einen Haufen vereinigten Spindeln wahrnimmt, besteht in dem Sichtbarwerden zahlreicher Fasern oder Stränge — so viel ist gewiss, dass dem Erscheinen der Bahn keine Ausscheidung einer alle Spindeln umhüllenden Substanz vorangeht, oder irgend welche andere morphologische Elemente, z. B. Sporen, durch deren Keimung das Fadengerüste möglicherweise hervorsprossen könnte, auftreten. Die Bahn ist demnach eine gallertartige, faserige Absonderung der Spindeln. Ich muss noch nachträglich bemerken, dass das Gerüste nicht in seinem ganzen Umfange, den es bei völlig ausgewachsenen Exemplaren erreicht, vorgebildet wird. An den äusseren Grenzen der Bahn angelangt, vermögen die wandernden Zellen auf gemeinschaftliche Kosten einen neuen Bau zu einer weiteren Reise vorzunehmen, was so oft wiederholt wird, bis das Ziel der Wanderung erreicht ist und schliesslich der Ruhezustand eintritt.

In Betreff der stofflichen Zusammensetzung der Bahn sind zur Zeit meine Resultate noch sehr dürftig. Concentrirte SO_3 löst die ganze Bahn sammt den Spindeln auf; in concentrirter Essigsäure und KO wird sie blos heller; Jodtinctur färbt das Labyrinthula-Gerüste intensiv gelb; Jod und SO_3 rufen in ihm keine Cellulose-Reaction hervor; von Salpetersäure wird es ebenfalls nicht verändert.

Die L. vitellina bewohnt, wie eingangs bemerkt wurde, die Pfähle oberhalb des Wasserstandes, wo sie von wiederkehrenden Wellen stets mit Feuchtigkeit versorgt wird, den Ueberfluss derselben durch Wanderung in höher gelegene trockenere Stellen vermeidend. Bei anhaltender Dürre und vom Ufer wehendem Winde trocknen indessen die Pfähle bis zu einer gewissen Tiefe hinunter aus, wodurch die Labyrinthulazellen mehr oder weniger austrocknen. Die im Zimmer cultivirten, absichtlich sehr langsam auf einer Algenunterlage in der feuchten Kammer getrockneten Exemplare haben keine Differenz in der Structur wahrnehmen lassen, der Inhalt der Kügelchen nahm blos eine dichtere Consistenz an. Trotz dieser Schutzlosigkeit ist die L. vitellina im Stande, wenigstens bei Exemplaren,

die getrocknet eine Woche aufbewahrt wurden, bei neuer Wasserzufuhr ihre Bewegungen ungehindert, obwohl länger zögernd, vorzunehmen.

Die Zellen-Wanderung wird, wie wir sahen, in den meisten Fällen dadurch bedingt, dass man die in feuchter Luft vegetirenden Haufen in Wasser legt. Allein es scheinen ausserdem noch Verhältnisse, die sich zur Zeit der Beobachtung entziehen, mit im Spiele zu sein. Ich fand nicht selten unter Wasser die Labyrinthulahaufen lustig wachsen, an Umfang zunehmen und die Rindensubstanz reichlich aussondern. Ausser auf der Algenkruste der Pfähle habe ich neulich die L. vitellina auf Polypenstöcken der Campanularien, auf den Eierhaufen des Tergipes netzbildend und in Bewegung begriffen gefunden.

Bevor ich das Ergebniss dieser Untersuchung zusammenfasse, will ich noch die zweite Species mit farblosen Spindeln in Betracht ziehen.

In allen Hauptpuncten stimmt die L. macrocystis mit der vorhergehenden überein. Ihre Spindeln sind nur grösser (0,018—0,025 mil.), von dichterer Consistenz; der Nucleus ist schärfer umschrieben, der Inhalt hat ein mehr körniges Aussehen als bei L. vitellina, er ist farblos oder mit einem schwachen gelblichen Anflug; weder Jod noch SO_3 rufen in dem Inhalte eine blaue Färbung hervor (Fig. 10, b; 14). Die in Haufen vereinigten Zellen haben bei dieser Species meist eine bogenartig gekrümmte Form, gewöhnlich mit abgerundeten Spitzen, die Convexität nach der Peripherie gerichtet (Fig. 22). Mit einfacher Lupe betrachtet, erscheinen die Haufen in Form von nicht scharf umschriebenen weissen oder gelblichen Gallerttröpfchen; bei weiterem Zusammenballen, wenn die Colonie im Begriff steht in den Ruhezustand überzugehen, nimmt sie meistens die Form wurmförmiger Körper an, die zu mehreren vereinigt an verschiedenen Stellen der Algenkruste herumliegen (Fig. 4). Bei kleineren Haufen ist eine Rindensubstanz nicht vorhanden, sie bildet sich erst bei grösseren Aggregaten, wo ihre Oberfläche, wie bei der vorigen Species von einer scharfen Contour umgrenzt wird (Fig. 23).

Eine für die Auffassung der Labyrinthuleen nicht unwesentliche Erscheinung besteht in der Fähigkeit der Spindeln sich zu vermehren, wodurch ihre Individualität einigermassen ausgesprochen wird. Die Vermehrung findet durch Theilung statt; sie wird auf die bekannte Weise ausgeführt, indem eine halbirende Querwand in der

Spindel auftritt, die allmählich eine schräge Richtung einnimmt, bis sie endlich als eine die Zelle der Länge nach in zwei Theile sondernde Linie erscheint (Fig. 24 a, b, c). Der Nucleus wird nicht getheilt, sondern ein neuer in der entstehenden Schwesterzelle gebildet; beide Hälften treten dann immer schärfer hervor, berühren sich nach einiger Zeit, bis sie zuletzt auseinander rücken. Der ganze Vorgang, der bei den Spindeln dieser Labyrinthula, der bedeutenden Grösse wegen leicht zu verfolgen ist, dauert ein paar Stunden und geht vor sich an den in Haufen ruhenden, sowie auch an den in der Bewegung begriffenen Individuen.

Die L. macrocystis bewohnt auf den Pfählen viel höhere Stellen als die vorige Art; man findet sie selbst bis zu den Scheiteln der Pfähle vorrücken, dagegen nie in Wasser eingetaucht. In gewissem Zusammenhange mit diesem abwechselnd der Trockenheit und bei starkem Winde dem Wellenschlag ausgesetztem Wohnorte, besitzt die L. macrocystis die Fähigkeit sehr leicht im Ruhezustand, in eine Cyste oder Spore, wie man es nennen will, überzugehen. Bei Organismen, deren Leben aus wenigen morphologischen Gliedern besteht, verdienen die Ruhezustände, da sie uns neue oft charakteristische Merkmale liefern, eine besondere Erwägung.

Die erste Andeutung zu der Cystenbildung bei dieser Labyrinthula spricht sich dadurch aus, dass mehrere Zellen des Haufens, oder der sich bewegenden Colonie einen bedeutenden Umfang erreichen (Fig. 25). Gleichzeitig wird der Inhalt reicher an Körnchen und dunkler gefärbt, so dass der Nucleus nur durchschimmert oder gänzlich verdeckt wird. Bei weiterer Umbildung nimmt die Spindel nach und nach eine ovale Gestalt an (0,035 Mil. in die Länge), und erhält ausser ihrer eigenen zu einer Membran erhärteten Oberfläche noch eine derbwandige glatte Umhüllung (Fig. 23). In solchem Zustande bleiben sämmtliche Spindeln der Colonie von einer Rindensubstanz verkittet in eine Kugel oder in wurmartige Körper vereinigt auf der Algenkruste mehrere Wochen unverändert liegen. Durch Druck auf das Deckgläschen kann man aus diesen Cystenaggregaten gesonderte Individuen herausschälen; die Rindensubstanz besitzt hier eine glasige, ziemlich feste Consistenz, so dass sie die Umrisse der herausgefallenen Cysten behält (Fig. 26); an der Oberfläche des Haufens bildet sie eine körnige Schicht von dunklerer Farbe als im Innern.

Fragen wir zuletzt, um den Entwickelungskreis der Labyrin-

thuleen einigermassen zu schliessen, nach dem weiteren Schicksal der Cysten, nach der Art wie aus denselben die labyrinthische Bahn mit ihrem Wandern von Neuem entsteht, so können wir einige Thatsachen anführen, die uns der Beantwortung erwähnter Fragen sehr nahe bringen. Die Beobachtung lehrt nämlich, dass die Cysten, nachdem sie etwa sechs Wochen in Seewasser in der feuchten Kammer aufbewahrt waren, ihren Inhalt in vier Theile sondern; ferner, dass die Contour der Cystenhülle sehr zart wird, bis sie zuletzt verschwindet, worauf die vier Theile in Form von bewegungslosen Kügelchen frei werden (Fig. 27). Sobald diese Vorgänge in einer Cyste wahrgenommen werden, wiederholen sie sich massenhaft in vielen; die Bildung der Kügelchen dauert mehrere Tage ununterbrochen fort, wogegen die Cysten merklich an Zahl abnehmen, helle Räume in der Rindensubstanz zurücklassend. Bei aufmerksamer Durchmusterung des Cystenaggregates treten jetzt schon, zumal an den über dem Wasser hervorragenden Stellen, die ersten Spindeln dem Beobachter entgegen (Fig. 28). Sie sind wohlgenährt, liegen einzeln oder in kleinen Gruppen vereinigt und schon von der für die Bewegung unumgänglichen Bahn begleitet. Die einzige Lücke, die hier durch directe Beobachtung zu erfüllen bleibt, besteht in dem Nachweise, dass das von der Cyste stammende Kügelchen wirklich zu der Spindel herauswächst, worüber kaum ein Zweifel zu erheben ist, da bei der sorgfältigen Aufsicht der Cultur im Wassertropfen, bei reinem Material andere Quellen für die Entstehung der Spindeln ausgeschlossen waren. Hiernach können wir fast als gewiss annehmen, dass die Spindeln die Theile des Cysten-Inhalts repräsentiren, von diesem direct abstammen.

Versuchen wir jetzt in einigen Sätzen das Resultat dieser Untersuchung zusammenzufassen, so ergeben sich folgende, den Bau und die Entwickelung der Labyrinthuleen charakterisirende Eigenthümlichkeiten:

1) Haufen von Zellen, die einen Nucleus einschliessen, sich durch Theilung vermehren, einen gewissen Grad von Contractilität besitzen und zeitweise von einer Rindensubstanz eingehüllt werden.

2) Erwähnte Zellen scheiden eine faserige Substanz aus, welche sich zu einem starren, Netze und bäumchenartige Verzweigungen bildenden Gerüste gestaltet.

3) Die Zellen verlassen den Haufen und gleiten auf den mannigfachsten Umwegen des Gerüstes zu der Peripherie des Tropfens hin;

nur auf diese Fadenbahn gestützt können die Labyrinthula-Zellen ihre Wanderung ausführen.

4) Die wandernden Zellen vereinigen sich von Neuem in Haufen und gehen in einen Cystenzustand über, wobei eine jede Zelle für sich eine harte Umhüllung erhält und alle von einer Rindensubstanz zusammengehalten werden.

5) Aus jeder Cyste bilden sich nach längerer Ruhe vier Kügelchen, die höchst wahrscheinlich in junge Labyrinthula-Zellen sich verwandeln.

Zukünftigen Beobachtern muss ich überlassen die Entwickelungsgeschichte der Labyrinthuleen vollständiger, als es mir bis jetzt vergönnt war, zu schildern. Für den ersten Schritt dürfte das Mitgetheilte genügen, um diese seltsamen Bildungen als Organismen zu betrachten, deren Entwickelungsweise unter keiner der bekannten Wesengruppen, die das Grenzgebiet beider organischen Reiche einnehmen, ihren Platz findet. Bei den Spongien, Rhizopoden, Gregarinen, bewimperten Infusorien, Algen und Pilzen sind die Labyrinthuleen nicht unterzubringen. Es ist indessen nicht zu verkennen, dass einige Anhaltspuncte für die Stellung der Labyrinthuleen die Algen und die benachbarten Flagellaten uns an die Hand geben. Denn die Labyrinthula-Bahn ist, wie ihre Entwickelung beweist, als eine Ausscheidung der Zellen, als eine eigenthümliche, faserige Gallertbildung aufzufassen. Auf diese gestützt werden wir zu den Palmellaceen, Conjugaten, Flagellaten geführt, bei welchen wir besonders solche Fälle zu berücksichtigen haben, wo die Gallerte-Ausscheidung auf gewisse Puncte der Zellenoberfläche beschränkt ist, wodurch einfache oder verästelte Stiele, auf denen die absondernden Zellen angeheftet bleiben, gebildet werden. Zahlreiche Beispiele dieser Art finden wir bei Anthophysa, Doxococcus, Colacium u. d. gl. Diese Stöcke, das Product der Absonderung vieler Zellen, könnten mit der Labyrinthula-Bahn verglichen werden, obwohl die Zellen hier befestigt bleiben und auf dem Gerüste sich nie bewegen.

Einen zweiten Berührungspunct geben die beweglichen von gemeinschaftliche Gallerte umhüllten Diatomaceen-Colonieen, z. B. Bacillaria paradoxa. Jedoch abgesehen davon, dass die Bildung der Gallerte bei den Diatomaceen im Vergleich mit der Fadenbahn viele Verschiedenheiten darbietet, ist die Diatomaceen-Zelle von der Spindel der Labyrinthuleen der Structur und Entwickelung nach so verschieden, dass eine Annäherung beider Bildungen nicht zulässig erscheint.

Am Schlusse dürften einige Bemerkungen über das anderwärts von mir beschriebene Fadenplasmodium hier nicht am unrechten Orte stehen.

Unter verschiedenen Schimmelarten, die ich der Gartenerde von Blumentöpfen entnahm, habe ich Gebilde, von mir Fadenplasmodium benannt, gefunden, welche in Brunnenwasser auf dem Objectträger cultivirt, ähnliche Erscheinungen, wie die oben bei den Labyrinthuleen geschilderten zeigten [1]). Schon damals erkannte ich, dass die farblosen beweglichen Spindeln und die Fadenbahn zwei heterogene Theile darstellen und suchte ihre Identität mit beiden das Plasmodium der Schimmelpilze zusammensetzenden Substanzen zu beweisen. Allein in dem Fadenplasmodium, dessen netzebildende Grundsubstanz eine viel weichere Beschaffenheit besitzt, als bei den verwandten Seebewohnern, sah ich die Centralballen für Protoplasmakörper an, aus welchen durch Abschnürung eine jede Spindel während der beginnenden Wanderung entstand. Dass die Spindeln schon in dem Centralhaufen als solche, oder in Form von Kügelchen präexistiren, war mir unbekannt geblieben, sei es, dass diese Differenzirung bei dem Fadenplasmodium gar nicht vorhanden war, oder dass die Zartheit des Objectes und die Unzulänglichkeit der Beobachtung mir den wahren Thatbestand verhüllte. Das Fadenplasmodium ging immer, unter einem Deckgläschen beobachtet, sogleich zu Grunde; von der feuchten Kammer habe ich damals noch keinen Gebrauch gemacht.

Unglücklicherweise war ich nicht im Stande diese räthselhafte Bildung wiederzufinden, um durch neue Untersuchungen die durch das Studium der Labyrinthuleen erweckten Zweifel zu beseitigen oder zu berichtigen.

Odessa, 12. Mai 1867.

---

1) Pringsheim's Jahrbücher Band III p. 408.

Erklärung der Abbildungen.

Die Vergrösserung ist in Klammern angegeben.

Fig. 1, 2 (130) stellen die in Wanderung begriffenen Zellen der Labyrinthula vitellina dar.

Fig. 3 (4). Kügelchen-Aggregate derselben Species.

Fig. 4 (4). Cystenaggregate der L. macrocystis.

Fig. 5 (320). Die aus Kügelchenaggregaten der L. vitellina hervorsprossende Fadenbahn; r die Rindensubstanz.

Fig. 6 (320). Weitere Entwickelung der Bahn bei derselben Species; a, b die Stränge des hervorsprossenden Gerüstes; s mehrere aus dem Centralkörper in einen dicken Strang hineintretende Spindeln.

Fig. 7 (320). Der Strang b der vorigen Figur nach ein paar Stunden abgebildet: c die aus dem Centralkörper auf die Fadenbahn übergehende Spindel; d die vorangleitenden Individuen.

Fig. 8, 9 (320). Der aus dem Centralkörper der L. vitellina hervorsprossende Strang a zerfällt in eine Menge feinster Fasern; p die scheinbaren Protoplasmaplatten.

Fig. 10 (320). a die Spindel der L. vitellina; b, c, d der L. macrocystis.

Fig. 11. (320). Die wandernden Zellen der L. vitellina; p scheinbare Protoplasmaplatte; p′ mehrere Spindeln mit verschwommenen Contouren; s die ruhenden eingekugelten Zellen.

Fig. 12 (500). Die mit Jod behandelten Spindeln der L. macrocystis: a, b, d während der Ruhe; c während der Bewegung.

Fig. 13 (320). Die Spindel a der L. vitellina bewegte sich in der Richtung d b c, dagegen glitt die ihr folgende f den Faden a c entlang.

Fig. 14 (520). Die Spindel a der L. macrocystis bewegte sich mehrere Mal in der Richtung a b c x d, zuletzt schlug sie den Weg x e f p s ein; g die von Knotenbildung begleitete Auflösung der Bahn.

Fig. 15 (320). Radienartig ausstrahlende Fäden der L. macrocystis scheinbar eine Protoplasmaplatte im Centrum bildend.

Fig. 16 (320). Die Platte b d f ist von den Fäden b c, c d, c f durchzogen (L. vitell.).

Fig. 17 (320). Der homogene Strang c zerfällt bei b in einen Fasermantel; die scheinbare Protoplasmaplatte p besteht wie bei Fig. 16 aus vielen lose verbundenen Fäden a (L. vitellina).

Fig. 18 (500). Die absterbende Bahn bildet schleimige Umhüllungen um die Spindeln (L. macrocystis).

Fig. 19 (320). Die dem Absterben der Bahn vorangehende Knoten- und Vacuolenbildung (L. vitellina).

Folgende Figuren beziehen sich auf L. macrocystis.

Fig. 20 (320). Das erste Sichtbarwerden der Bahn.

Fig. 21 (320). Die absterbenden grösseren Stränge der jungen Bahn mit zahlreichen aus ihnen entspringenden gekräuselten Fäden.

Fig. 22 (500). In eine Kugel vereinigte Spindeln.

Fig. 23 (320). Cystenaggregate in die Rindensubstanz eingehüllt.

Fig. 24 (500). Die in Theilung begriffenen Spindeln.

Fig. 25 (320). Die zur Cystenbildung sich anschickenden Spindeln.

Fig. 26 (320). Die nach dem Ausschälen der Cysten in der Rindensubstanz übrig gebliebenen Höhlungen.

Fig. 27 (320). Die Theilung des Cysten-Inhalts und Auflösung der Hülle.

Fig. 28 (320). Ein neues von den Cysten stammendes Individuum.

Ueber die Clathrulina, eine neue Actinophryen-Gattung.

Von

Prof. L. Cienkowski.

Hierzu Taf. XVIII.

Die Clathrulina stellt ein protoplasmatisches frei in einer Gitterschale schwebendes Gebilde dar; seine spitzen zahlreichen Pseudopodien ragen durch die geräumigen Oeffnungen des Gitterwerkes weit hervor (Fig. 1). Die Schale ist mit einem langen starren Stiel an verschiedene untergetauchte Gegenstände angeheftet; häufig dient sie selbst als Befestigungsboden für andere Exemplare, die radienartig gestellt, wiederum eine Stütze für die folgende Reihe abgeben (Fig. 2). In solchen strahligen Büscheln fand ich zum erstenmal die Clathrulina vor zehn Jahren in Petersburg in einem Teiche an Nitellen, Vaucherien festsitzend; seitdem kam sie mir in Deutschland (Dresden, Franzensbad) sehr sparsam und selten vor, in Pfützen, welche von Scytonemen bewachsen waren und von Peridinien, Volvocineen wimmelten. Betrachten wir zuerst das Gitterwerk. Die Schale ist birnförmig oder kugelig (etwa 0,072 Mil. im Durchmesser), die Wand von vieleckigen, festverbundenen convexen Ringen oder durchbohrten Platten zusammengesetzt; daher ihre Oberfläche zahlreiche, den Platten entsprechende Vertiefungen aufweist (Fig. 3). Die Oeffnungen des Gitters haben verschiedene Grösse und Gestalt: die meisten sind von runden oder mehreckigen, oft regelmässigen Figuren eingefasst, die kleinsten Löcher sind noch so weit, dass sie Chlamydomonaden, Algenzoosporen u. d. gl. bequem durchlassen

können. Die zusammenstossenden Platten bilden gerade oder gebogene, zwischen den Oeffnungen sich hinziehende Linien (Fig. 4, b).

Die Schale ist an einem langen, mehreremal ihren Durchmesser übertreffenden Stiel befestigt. Derselbe stellt eine enge (0,003 mill.) Röhre dar, die sich an beiden Enden etwas erweitert, an dem oberen in eine der Platten übergeht, am unteren oft faserig zerschlitzt oder gabelig getheilt erscheint (Fig. 3). Das spärliche Untersuchungsmaterial erlaubte mir nicht eine ausführliche mikrochemische Untersuchung vorzunehmen und kann ich nur angeben dass J und SO_3 keine Cellulose weder in dem Gitter noch auch in dem Stiele nachweist und dass genannte Theile in concentrirtem KO und SO_3 nicht aufgelöst wurden.

Dieses luftige Gitterhaus beherbergt einen Protoplasmakörper, der in allen Puncten dem Actinophrys gleicht (Fig. 1): er nimmt nur einen Theil des Innenraumes der Schale ein, ist vollkommen frei, nirgends an das Gitter befestigt; er ist nackt, hüllenlos, von schaumiger Consistenz; ein Nucleus, der übrigens blos bei ganz jungen Individuen deutlich zu sehen ist, neben zahlreichen Vacuolen stellen die Hauptmerkmale dieses einfachen Wesens dar (Fig. 1, 13). Ausserdem habe ich an der unten zu erwähnenden kleineren Varietät der Clathrulina deutlich einen contractilen Hohlraum wahrnehmen können (Fig. 13, v. c). Von diesem farblosen Körper entspringen an der ganzen Oberfläche feine, einziehbare Strahlen oder dickere Stränge; durch das Hervorschiessen eines kräftigeren Protoplasmastammes wird der ganze Körper in dieser Richtung an das Gitter angezogen (Fig. 1, a). Da nun die Strahlen an verschiedenen Stellen zu dickeren Strängen anschwellen und wieder verschwinden, so wird dadurch der centrale Körper hin und her geschoben und seine Form in eine längliche oder lappige geändert. Die Bildung der Pseudopodien, ihre Gabelung, Verschmelzung ist vollständig dieselbe wie bei Actinophrys sol; auch hier erscheinen zeitweise an den Strahlen Unebenheiten, knotenartige Anschwellungen und Vacuolen. Die Nahrungsaufnahme ist ebenfalls der bei Actinophrys gleich. Fremde Körper, die an die Pseudopodien ankleben, werden vom Protoplasma der letzteren umflossen; die auf diese Weise in einer Vacuole eingeschlossene Beute führt die sich zurückziehende Pseudopodie dem Centralkörper zu, wobei man deutlich den Durchgang des fremden Gegenstandes durch die Gitter-Oeffnung beobachten kann (Fig. 1; 5, b).

Die Clathrulina vermehrt sich durch Theilung und vermittelst

beweglicher Embryonen. Die erstere geschieht auf die bei den Ciliaten bekannte Weise durch Einschnürung des Körpers in zwei Hälften; während dieses Vorganges und, auch nach vollendeter Theilung sind häufig die Strahlen vorhanden. Die zwei neuen Individuen bewohnen eine Zeit lang gemeinschaftlich dieselbe Schale (Fig. 12), in der Folge aber werden die Pseudopodien eingezogen und die eingekugelten Theile befreien sich aus dem Gitter. Zu diesem Zweck treibt die Kugel einen stumpfen Fortsatz, der in eine der benachbarten Oeffnungen eindringt, dann anschwillt und allmählich den noch in der Schale steckenden Theil nach sich zieht (Fig. 3). Der befreite Körper nimmt nach einer Weile die Form eines Actinophrys an; bei fernerer Umbildung wird zuerst der Stiel, später das Gitter ausgeschieden (Fig. 10, 11). Die Entwickelung des ersteren geht nicht so schnell, wie z. B. bei den Theilungssprösslingen oder den beweglichen Embryonen der gestielten Acineten vor sich, sie nimmt mehrere Stunden in Anspruch. Unter den jungen Clathrulinen, die durch Theilung entstanden sind, findet man oft nackte Actinophrys-Körper, die auf ganz kurzen Stielen sitzen, neben solchen, deren Stiel seine definitive Länge schon erreicht hat. Erst jetzt findet die Aussonderung der Schale statt: etwa nach 24 Stunden erscheint um den nackten an Vacuolen reichen Körper eine kaum wahrnehmbare schaumartige Hülle, welche nach und nach erhärtet und in das Gitter sich umbildet. Das letztere sowie auch der Stiel sind bei jungen Clathrulinen farblos, dagegen bei ausgewachsenen meistens braun gefärbt.

Neben dieser Vermehrungsart besitzt, wie schon erwähnt, die Clathrulina bewegliche Embryonen; da nun diese aus Cysten entstehen, so müssen wir zuerst die ruhenden Zustände in Betracht ziehen. Während der Cystenbildung verhält sich die Clathrulina ebenso wie bei der Theilung: der Körper wird in zwei Hälften, die häufig wiederum in zwei zerfallen, gesondert. Die Theilungssprösslinge erhalten auch hier eine Kugelform, allein sie verlassen nicht die Schale, sie bleiben vielmehr in derselben liegen (Fig. 14, 6); der Ruhezustand wird vollendet durch eine scharf umgrenzte Hülle, die um eine jede Kugel auftritt und eine zweite Contour, welche an dem sich zusammenziehenden Inhalt erscheint (Fig. 15). Seltner wird der ganze Clathrulina-Körper ohne sich zu theilen encystirt, wo dann selbstverständlich blos eine Kugel im Gitterwerke vorhanden ist (Fig. 7). Die meisten der Cysten haben einen Durch-

messer von 0,02 mil. Nach Ablauf einer gewissen Ruhezeit, die im Zimmer einige Monate, im Freien wohl den ganzen Winter dauert, beginnt die Clathrulina ihren Lebenslauf von neuem. Die in Franzensbad im Monat Juli gesammelten und trocken aufbewahrten Cysten wurden hier in Odessa im September desselben Jahres mit Regenwasser übergossen und gaben nach einigen Wochen kräftige, wenn auch nicht zahlreiche Exemplare der Clathrulina. In derselben Weise wie die Theilungssprösslinge durch Bildung einer Hervorstülpung die Schale verlassen, schlüpfen auch die Cysten aus dem Gitterwerk heraus (Fig. 3, e). Befreit nehmen sie sogleich eine eiförmige Gestalt an und eilen davon (Fig. 8, 9). Die Bewegungen dieser Schwärmer sind nicht so tumultuarisch, wie die der Acineten; sie schwimmen langsam in grossen Halbkreisen umher; die Art der Locomotion lässt sicher auf die Gegenwart einer oder mehrerer Cilien schliessen, jedoch direct konnte ich solche nicht wahrnehmen. Am vorderen Theile besitzt der Schwärmer einen sehr zarten hellen Nucleus mit stark das Licht brechendem Nucleolus, am entgegengesetztem Ende ist gewöhnlich ein Körnchenhaufen vorhanden. Aus jeder Cyste wird nur ein Schwärmer gebildet; ob dabei die Cystenhülle abgestreift oder resorbirt wird, ist noch zu ermitteln. Die Bewegung des Schwärmers dauerte in drei von mir beobachteten Fällen ein bis zwei Stunden; dann nahm der Schwärmer wieder die Kugelform an, erhielt schaumartige Consistenz und bildete sich zuletzt durch Hervorsprossen der Pseudopodien, durch Ausscheidung des Stieles und der Schale in eine junge Clathrulina um (Fig. 10, 11). Die Strahlen entstehen in wenigen Secunden nach dem Aufhören des Schwärmens, dagegen bedürfen, wie bei den Theilungssprösslingen, der Stiel und das Gitter einer längeren Zeit zu ihrer Ausbildung. Ausser der oben beschriebenen Clathrulina, die ich mit dem Speciesnamen »elegans« bezeichne, ist mir häufig eine zweite Form von viel kleineren Dimensionen und viel zarterem Bau vorgekommen; sie stimmt sonst in allen wesentlichen Merkmalen mit der ersten überein und bewohnt auch mit ihr sehr oft dieselbe Localität; sie könnte als eine Varietas minor unterschieden werden (Fig. 12—15).

Das Gitterwerk dieser Varietät ist gewöhnlich farblos oder braun, seine Structur oft so fein, dass man es nur als eine kaum sichtbare Contour, die sich in einer geringen Entfernung um den protoplasmatischen Körper hinzieht, wahrnimmt (Fig. 13). In diesen Fällen scheint das Gitterwerk die Beschaffenheit einer glatten, zarten

Schleimblase zu besitzen, wenigstens kann man nichts von Oeffnungen sehen, obwohl die Pseudopodien ausserhalb dieser Umgrenzung hervorragen. Solche Exemplare sind vorzüglich geeignet in die Structur des eingeschlossenen Körpers Einsicht zu gewähren. Die zahlreichen sich berührenden Vacuolen, der Nucleus, ausserdem ein an der Peripherie gelegener pulsirender Hohlraum sind hier deutlich zu erkennen (Fig. 13). Was schliesslich die Stellung der Clathrulina im System betrifft, so lässt einerseits der actinophrysartige Bau ihres Körpers keinen Zweifel, dass sie zu den Rhizopoden in die Familie der Actinophryen gehört, anderseits bringt sie das Gitterwerk in nächste Beziehung zu den Radiolarien. Von den letzteren unterscheidet sich die Clathrulina blos durch den Mangel der Pigmentzellen, denn die neulich von Stuart entdeckte Radiolarie, die Coscinosphaera [1]), ermangelt der sonst für diese Organismen so charakteristischen Binnenblase, stellt folglich einen beschalten mit Pigmentzellen ausgerüsteten Actinophrys vor.

Demnach würde durch die Vermittelung der Clathrulina der schon so oft vermuthete Zusammenhang der Actinophryen mit den Radiolarien noch bestimmter ausgesprochen. Das Entscheidende für diese Frage ist freilich von der Entwickelungsgeschichte beider Gruppen zu entnehmen. Allein das Wenige, was wir in dieser Hinsicht von Actinophryen und Radiolarien wissen, ist zur Zeit kaum geeignet Verwandtschaftsbeziehungen festzustellen. Von den ersteren ist nur so viel bekannt, dass sie sich durch Theilung vermehren und einen Ruhezustand besitzen. Ebenfalls beschränken sich unsere, die Entwickelung der Radiolarien betreffenden Kenntnisse — wenn wir von den bei dieser Thiergruppe gefundenen monadenartigen Gebilden, die wahrscheinlich als parasitische Keime zu deuten sind, absehen — blos auf die Vermehrung durch Theilung.

Odessa, Mai 1867.

---

1) Zeitschrift für wiss. Zoologie, XVI. Band, 3. Heft.

Erklärung der Abbildungen.

Die Figur 2 ist 120, die Fig. 5 500mal vergrössert; die übrigen Abbildungen bei einer 350maligen Vergrösserung dargestellt.

Fig. 1. Die an eine Oscillatorie angeheftete Clathrulina elegans; der Protoplasmakörper in dem Gitter eingeschlossen mit zahlreichen Pseudopodien während der Nahrungsaufnahme abgebildet. Der Protoplasmastrang a hat eine Chlamydomonas umhüllt und führt sie dem Centralkörper zu.

Fig. 2. Zwei Exemplare, von welchen das eine auf der Schale des anderen befestigt war.

Fig. 3. Das Gitterwerk mit ausschlüpfendem beweglichem Embryo e.

Fig. 4. Ein Theil der Schale; a die Löcher; b Umrisse der Platten.

Fig. 5. Ein junges von einem Theilungssprössling stammendes Individuum mit einem noch nicht völlig ausgebildeten Gitter; b die Nahrung während des Durchganges durch die Gitter-Oeffnung.

Fig. 6, 7. Cysten der Clathrulina elegans.

Fig. 8, 9. Bewegliche Embryonen derselben.

Fig. 10. Der aus einem beweglichen Embryo gebildete Clathrulina-Körper.

Fig. 11. Derselbe nachdem er den Stiel secernirt hat.

Fig. 12. Die Clathrulina elegans var. minor; zwei durch Theilung gebildete Individuen in derselben Schale eingeschlossen.

Fig. 13. Ein Individuum mit einem sehr zarten, schleimigen (?) Gitter: v, e die contractile Vacuole; n der Nucleus.

Fig. 14, 15. Cysten-Bildung bei derselhen Varietät.

Ueber Abstammung und Entwickelung des Bacterium termo *Duj.* = Vibrio lineola *Ehrb.*

Von

Joh. Lüders
in Kiel.

Hierzu Taf. XIX.

In der botanischen Zeitung von v. Mohl und v. Schlechtendal habe ich nachgewiesen, dass gewisse Pilze und die Vibrionen im engsten Zusammenhange stehen [1]). Diese Arbeit ist in diesem Archiv in sehr starker Weise von Herrn Professor Hallier angegriffen worden [2]). Ich glaube es mindestens denen, welche meine wissenschaftlichen Arbeiten unterstützen, wie auch der genannten Zeitung schuldig zu sein, jenen Angriffen hier entgegenzutreten, und bedaure nur, dies nicht in so gedrungener Form thun zu können, wie ich es wünschte. Meine Untersuchungen gingen hervor aus Interesse für den Gegenstand; wenn ich weiter gekommen bin als Andere, so hat gewiss die sehr lange Zeit, welche ich ausschliesslich diesem Gegenstande widmen konnte, wesentlich dazu beigetragen.

Da die Pilzstudien bekanntlich zu den schwierigsten Aufgaben gehören, muss zunächst die allgemeine Methode, welche zur Anwendung kam, hier besprochen werden. Dass mein Mikroskop, namentlich die Stipplinse von Schröder ausreichend ist, geht wohl

1) Bot. Ztg. 1866 p. 33. Ueber die Entwicklung und Abstammung von Vibrio lineola Ehrb. = Bacterium termo Duj.

2) Die Leptothrix-Schwärmer und ihr Verhältniss zu den Vibrionen. M. Schultze, Archiv für mikroskopische Anatomie Band II, Heft I, p. 67, 1866.

daraus genügend hervor, dass ich an den doch häufig genug, namentlich von Zoologen und Pathologen untersuchten Vibrionen eine Geissel entdeckte, ein Befund, den jeder mit ausreichenden Linsen versehene Mikroskopiker mir wird bestätigen müssen. Wenn man früher sich nach Kräften gegen jede Täuschung dadurch zu schützen suchte, dass man die Keime aus der Luft u. s. w. von den Versuchsflüssigkeiten abhielt, und dann beobachtete, so habe ich zwar auch diese Methode möglichst ausgebeutet, aber ich kann in dieselbe doch nicht so volles Zutrauen setzen, als in die andere, die darin besteht, dass ich direct die Formenfolgen in ihrer Entwickelung mit dem Mikroskop, nicht einmal, sondern wieder und wieder verfolgte, und so endlich es in meine Hand gebracht habe, nicht nur nach Willkür aus Pilzen Vibrionen oder Hefezellen und umgekehrt zu erzeugen, sondern auch sie in den einzelnen Uebergängen darzulegen. Dass diese Methode die wissenschaftlichere ist, wird man gewiss nicht läugnen; mit der ersteren combinirt giebt sie jedenfalls ein sehr hohes Maass von Sicherheit.

Alle meine Versuche haben mich nicht überzeugen können, dass in dem Gebiete der Vibrionen Urzeugung vorkomme, jedoch habe ich mehrfach auch in gekochten Keimen Leben auftreten sehen, so dass ich gegebenen Falls im Papin'schen Topf bei 140° C. eine Stunde lang die zu verwendenden Flüssigkeiten und Gläser kochte, natürlich auch die Materialien von Zucker, Fleisch, Wasser möglichst sorgfältig auswählte. Controllversuche ergaben, dass hier stets eine Vernichtung des Lebens erzielt war. Als wesentlich ist ferner zu bemerken, dass die Brütwärme in der ausgedehntesten Weise bei den Versuchen angewandt wurde, so dass Monate lang das Bad geheizt blieb.

Noch eins muss erwähnt werden. Hallier hat mir vorgeworfen, dass von mir Bacterium und Vibrio als identisch vorausgesetzt worden. Es charakterisirt sein ganzes Verfahren genügend, wenn wir bei ihm selbst drei Seiten weiter lesen: »Es ist in neuerer Zeit oft selbst von Zoologen die Frage erörtert worden, ob Vibrio lineola Ehrb. und Bacterium termo Duj. wirklich verschiedene Arten oder nur verschiedene Zustände eines und desselben Organismus seien. Ich vermag diese Frage nicht direct zu beantworten, sondern kann nur versichern, dass mir bei meinen zahlreichen Arbeiten über Pilze, die auf faulenden und gährenden Substanzen vegetiren, oft Vibrionen, aber niemals Organismen vorgekommen sind, die ich

als von diesen generisch verschieden und doch als selbständige Organismen hätte ansehen müssen. Dass es übrigens mehrere Arten von Vibrionen giebt ist leicht möglich. Dass Vibrionen oder Bacterien oft mit Pilzschwärmern verwechselt werden, dass man Leptothrix-Schwärmer oft mit dem Namen Bacterien belegt, ist gewiss.« Wenn ich selbst auch diesen Satz keineswegs vollständig verstehe, so geht doch jedenfalls so viel klar daraus hervor, was für Bewandniss der Vorwurf, ich hätte Vibrio und Bacterium mit einander identificirt, im Munde Halliers hat.

Ich habe nun zunächst über die Vibrionenerzeugung aus den Keimfäden und Sporen einiger Schimmelpilze Folgendes gefunden. Wenn Sporen von Mucor- oder Botrytis-Arten in einem Wassertropfen mit $\frac{500}{1}$ Vergrösserung betrachtet werden, so zeigen sie innerhalb der doppelt contourirten Sporenhaut ein mattgraues durchscheinendes Plasma, in dem mehr oder weniger deutlich viele gleichfalls farblose, mitunter schwach glänzende Körner zu sehen sind (Fig. 1 und 2, a). Liegen die Sporen drei bis fünf Stunden in reinem oder Fleischwasser, so quellen sie etwas auf, die Körner ihres Inhaltes treten deutlicher hervor und sind oft schon innerhalb der Spore in zitternder Bewegung. Sie zeigen sich alsdann auch an der Oberfläche der Sporenhaut, aus welcher sie sich allmählig hervorwinden (Fig. 1 und 2, b).

Meistens sind schon beim Austreten der Spore zwei bis drei Körnchen durch eine gemeinschaftliche hyaline Hülle zu einem Stäbchen vereinigt (Fig. 1 und 2, b), welches, wenn es die Spore verlassen hat, die zitternde Bewegung behält und sich durch dieselbe oft weit von der Spore entfernt, ehe es zur Ruhe kommt. Die Bewegung wird durch eine sehr zarte Geissel vermittelt, die beständig Schraubenwindungen beschreibt (Fig, 4, a). Sie lässt sich am leichtesten bei den Stäbchen von Mucor-Sporen beobachten, welche in Fleischwasser cultivirt werden, weil diese beim Austritt aus der Spore meistens die grössten sind. Diese Körperchen winden sich im Verlauf einer oder einiger Minuten durch die Sporenhaut hervor. Einige Male ist es mir gelungen, die Geissel während des Austretens der Stäbchen an dem aus der Spore hervorragenden Ende desselben zu sehen. Ob sie sich aber immer an diesem Ende befindet, oder auch zuletzt aus der Spore hervorgezogen werden kann, ist mir nicht gelungen zu entscheiden.

Das Hervordringen der Stäbchen durch die dicke Sporenhaut wird, wie ich vermuthe, aber nicht direct erkennen konnte, dadurch

ermöglicht, dass dieselbe überall von sehr feinen Porencanälen durchbohrt ist, welche an den Rändern der Häute getrockneter und gedrückter Sporen als kleine Lücken wahrzunehmen sind (Fig. 5). Bei frischen Sporen, aus denen der Inhalt bei Befeuchten mit Jod und Schwefelsäure sehr leicht hervorquillt, erscheinen sie an den entleerten und schwach jodroth gefärbten Sporenhäuten als kleine Puncte (Fig. 5, 6).

Die Sporen von Penicillium glaucum Lnk. zeigen Anfangs alle diese Verhältnisse, bis auf das Austreten sehr feiner Stäbchen, weniger deutlich, theils wegen ihrer geringeren Grösse, theils weil die Sporenhaut weniger durchsichtig ist, als die der beiden anderen Gattungen. Sobald aber die Sporen auf das Doppelte ihrer ursprünglichen Grösse gequollen sind, was in Fleischwasser nach 24 St. häufig der Fall ist, verhalten sie sich den anderen gleich. In manchen Sporen treten bei der Quellung und Körnerentwicklung Vacuolen innerhalb derselben auf (Fig. 1, 6). Andere haben schon nach vier St. einen kleinen Keimfaden getrieben, welcher bei der Cultur in Fleischwasser nach 24 St. häufig aus jeder Spore hervorgetreten ist, und oft schon lange und vielfache Verzweigungen getrieben hat. In reinem Wasser ist die Keimung nicht so allgemein, und wachsen die Keimfäden auch nicht so schnell [1]).

Alle Keimfäden sind anfangs mit einem ähnlichen, mattgrauen und durchscheinenden Plasma gefüllt wie die Sporen, und findet in denselben die gleiche Entwicklung der Körner und Stäbchen statt, welche sich hier durch die Membran der Fäden durchbohren, ohne dass dadurch bleibende Oeffnungen in derselben entstehen; denn es sind in den später oft ganz entleerten Fäden nie Poren oder sonstige Oeffnungen aufzufinden. Aus Fäden, die 24 bis 48 St. in Fleischwasser cultivirt sind, treten diese Stäbchen in grosser Menge hervor, indem sie sich zitternd allmählig durch die Membran durcharbeiten,

1) de Bary sagt in den Beiträgen zur Morphologie und Physiologie der Pilze 2. Reihe p. 15 dass Mucor in reinem Wasser nicht keimt. Nur einmal habe ich dies Verhalten bei Sporen, die frisch gezogenen Rasen entnommen waren, und zwar an einer Varietät mit ungewöhnlich starken und bräunlichen Hyphen gefunden. Ferner keimen die Sporen alter, trocken aufbewahrter Rasen meistens nicht in reinem Wasser. Doch besitze ich einen Mucor-Rasen, der auf einer wässerigen Grundlösung gewachsen ist, dessen Sporen noch nach dreijährigem Aufbewahren sowohl in distillirtem als in Quellwasser keimen.

auch hier wie ich glaube mit dem Geisselende voran, um meistens sobald sie frei werden mit grosser Schnelligkeit in der umgebenden Flüssigkeit umherzuschwärmen, untermischt mit vielen älteren Stäbchen, die bereits durch Vermehrung der kleinen Glieder, aus welchen sie zusammengesetzt sind, zu kleinen Ketten heranwuchsen, welche die Form und schlängelnde Bewegung längerer Vibrionen haben (Fig. 4, 6). Wird die Cultur in der feuchten Kammer ausgeführt, wodurch Strömungen in der umgebenden Flüssigkeit vermieden werden, so findet man ruhende Stäbchen, öfter in grosser Menge, um die Aussenfläche der Keimfäden sowohl, als auch der Sporen angehäuft (Fig. 1, c und d).

Diese kleinsten Schimmelkeime sind ausserordentlich verbreitet und haben trotz ihrer Kleinheit grossen Einfluss auf viele Erscheinungen in der Natur. Ich fand sie nicht nur in dem Niederschlage der Luft weit mehr enthalten als die Sporen der Schimmelarten, sondern auch überall im Wasser, selbst wenn dasselbe unterirdischen, bedeckten Quellen entnommen war. Sie erscheinen auch hier theils als einzelne farblose Körnchen, die von einem hyalinen Hofe umgeben sind, theils als Stäbchen, die aus zwei bis drei solcher Körner bestehen (Fig. 4, c), oder sie sind zu kleinen Gruppen vereinigt (Fig. 4, d). Im reinen frischen Wasser sind sie ohne Bewegung und eben daher sowohl hier als in vielen anderen Fällen unbeobachtet geblieben [1]). Wo sie in grösserer Menge auftraten, sind sie auch wohl als amorphe Massen und Detritus bezeichnet. Sie sind die zitternden Stäbchen, die so häufig neben den Schimmelbildungen gefunden werden, welche organische Körper befallen. Durch ihre Verbreitung in Luft und Wasser theilen sie sich allen organischen Körpern mit und bewirken, wie ich aus meinen Controllversuchen entnehme, nach deren Tode die schnellste Zersetzung derselben. In faulen Körpern und Flüssigkeiten zeigen sie dann die oben angegebene schwärmende Bewegung und heissen Vibrionen und Bacterien, in gährende Flüssigkeiten gebracht, entwickeln sie sich zur Hefe.

Die Angabe nun, dass die Vibrionen von Pilzen stammen, erklärt Hallier für falsch, nur für seine Leptothrix-Gebilde gesteht er solche Herkunft zu und ist der Ansicht, dass diese nicht die ge-

---

1) Dass diese Keime sich im Wasser zu einigen der nicht chlorophyllhaltigen Palmella-Arten entwickeln können, habe ich l. c. p. 42 näher angegeben.

ringste Gemeinschaft mit den Vibrionen haben [1]). Ich halte meine bisherigen Beobachtungen schon für genügend beweiskräftig, aber ich wollte nicht versäumen, auch Culturen in grösserem Massstabe auszuführen, da ja selbst bei grösster Vorsicht doch einzelne Staubpartikelchen sich den mikroskopischen Präparaten beimischen können. Dieser Möglichkeit kann ich freilich für meine Untersuchungen wenig Gewicht beilegen, denn die Körper entstehen in meinen Präparaten entweder so massenhaft, dass sie die Flüssigkeit trüben, oder sie fehlen gänzlich. Da aber bei Hallier angegeben wird [2]), es sei bei ihm durch seine vielen Schimmelculturen die Luft des Zimmers derart von den umherstäubenden Sporen inficirt worden, dass sogar die gewöhnlichen Reinigungsmittel zur Entfernung derselben aus Mund und Rachenhöhle nicht ausreichten, und sich mehrere Tage hintereinander ein weisser käsig-filziger Beleg auf seinen Tonsillen gefunden habe, welcher aus zartem Leptothrix-Filz bestand, so ist einzugestehen, dass er einiges Recht haben dürfte Culturen in freier Luft zu misstrauen.

In der Voraussetzung, dass meine Präparate ein Tummelplatz fremder Eindringlinge gewesen sind, erklärt Hallier die von mir beobachteten Pilzschwärmer, welche Monaden gleichen und sich unter bestimmten Umständen aus Vibrionenkeimen entwickeln, für Algenschwärmer. Sie sind aber damit nicht vernichtet, sondern entwickeln sich noch immer und zwar folgendermassen: die kleinen Keime, welche aus den in Wasser cultivirten Keimfäden von Mucor, Botrytis und Penicillium hervortreten, gelangen zum Theil bald zur Ruhe und lagern sich in grosser Menge auf dem Objectträger, oder bei der Cultur in der feuchten Kammer mit vom Deckglas herabhängenden Wassertropfen an der Oberfläche desselben. Viele werden etwas grösser wie die schwärmenden Vibrionen. Sie erweitern und verdicken ihre Hülle bald zu einer Membran, so dass sie kleine Bläschen bilden, in welchen der ursprüngliche Keim als kleines Korn fast nach Art eines Zellkerns liegt (Fig. 3, a). Es ist dies dieselbe Entwicklung zur Zelle, die diese Keime in vielen Lebensbedingungen und auch bei ihrer Entwicklung zu Hefezellen zeigen. Sie verharren im Wasser oft mehrere Tage in diesem ruhenden Zellzustande und

1) l. c. p. 68.

2) Die pflanzlichen Parasiten des menschlichen Körpers. Leipzig 1866, p. 104.

treiben mitunter wie Hefezellen einzelne kleine Sprosszellen (Fig. 3, b), später aber gehen sie in den schwärmenden Zustand über, meistens sind sie vorher grösser und ihre Membran zarter geworden; sie können die Grösse der Sporen der Schimmelart, von der sie stammen, erreichen. Es haben sich neben dem ersten Korn, welches sich durch seine Grösse und häufig durch einen grünlichen Schein auszeichnet, viele kleine Körner entwickelt (Fig. 3, c). Der kleine Körper hat zwei zarte und lange Geisseln, mit denen er lebhaft im Wasser umherschwärmt. Die eine schwingt, an dem bei der Bewegung vorausgerichteten Faden desselben, im Kreise, während die andere gewöhnlich nachgeschleppt wird (Fig. 3, c). Häufig entwickeln sich einzelne Keime, die in den Keimfäden zurückgeblieben sind, ganz in derselben Weise und treten dann in der Monadenform aus den Fäden hervor. Zur Ruhe gekommen lösen sie sich in ein Körnerhäufchen auf oder sie treiben einen zarten Keimfaden. Von zehn solcher Schwärmer, die ich aus einem Penicillium-Keimfaden austreten sah, trieben drei einen kleinen Faden, der an sich von dem Keimfaden einer kleinen Penicillium-Spore nicht zu unterscheiden war.

Es vergehen oft fünf bis sechs Tage ehe die Keime in einem Präparate in diese Schwärmer übergehen, und kann dann die angegebene Entwickelung direct verfolgt werden. Manchmal aber entstehen sie viel schneller, es bilden sich in einzelnen Fällen die aus den Sporen entlassenen Keime schon in den ersten 24 St. zu Zellen aus (Fig. 2). Tritt dann zugleich bei ihnen Bewegung ein, so ist besonders bei massenhaftem Auftreten der Schwärmer ihre Entstehungsweise schwer nachzuweisen. So kommt es, dass es mir bei meiner ersten Arbeit über diesen Gegenstand noch nicht gelungen war, die Entstehung dieser Körper hinreichend klar zu erkennen, und ich nur angeben konnte, dass unter den ruhenden Bacterienkeimen sich kleine Gruppen absondern, die in eine zuckende Bewegung gerathen und sich zuletzt als kleine Monadenkörper ablösen, wohingegen ich jetzt die angegebene Entwicklung derselben aus einem einzelnen Keim wiederholt und mit voller Sicherheit beobachtet habe.

Ich habe mich nun nicht mit den mikroskopischen Präparaten begnügen wollen, sondern habe grössere Culturen auch schon deshalb betrieben, weil sich hier leichter das nöthige Verhältniss zwischen den Keimem und Nährstoffen herstellen lässt, während in den mikroskopischen Präparaten die Mischung unsicher ist und auch die

besten Wärmegrade schwer sich erhalten lassen. Auch zeigt sich besser bei den Culturen, die in grösseren Verhältnissen ausgeführt werden, wie gross der Einfluss der verschiedenen Nährstoffe und deren Mischungsverhältnisse in den Flüssigkeiten, die zur Cultur von Vibrionen verwandt werden, auf deren ganze Entwicklung ist, und wie sehr die Unterschiede in Form und Bewegung von der Ernährung abhängen; denn es erscheinen dabei alle Abstufungen in Bezug auf Grösse, scharfe oder undeutliche Gliederung, Ruhe, zitternde oder schlängelnde Bewegung, Ketten, Stäbchen oder Punctform, Flächenausbreitung, massige oder verzweigte Anhäufungen.

Meine Versuche ergaben ferner, dass Missgriffe in der Mischung der Flüssigkeiten das Fehlschlagen der beabsichtigten Resultate hervorrufen können. Ich muss deshalb dringend bitten, bei etwaiger Nachprüfung meine Mischungverhältnisse zu beobachten.

Dass eine zu grosse Erhitzung die Nährkraft der Flüssigkeiten beeinträchtigt, habe ich nicht bestätigt gefunden, denn obgleich eine Rohrzuckerlösung, welche der angegebenen Erhitzung ausgesetzt wird, sich gelb bis bräunlich färbt, so gährt sie doch nachher sehr leicht. Milch wird gleichfalls bräunlich und gerinnt zum Theil. Als Substrat zur Cultur von Mucor und Penicillium benutzt, gedeihen beide Arten sehr üppig, nur scheint weder sie, noch irgend ein anderer so stark erhitzter Stoff geeignet zu sein, den Hallier'schen Uebergang von Penicillium in Mucor zu demonstriren [1]).

Zur Bereitung der Flüssigkeiten mit Substanzen aus dem thierischen Körper, die zur Vibrionen-Erzeugung bestimmt waren, habe ich 1 Pfd. fein zerschnittenes, frisches Rindfleisch in 1 Pfd. heissen Wasser 1 St. ausziehen lassen oder in demselben Verhältniss Blut und Wasser gemischt, und beides, nachdem es erkaltet war, vor dem Erhitzen filtrirt.

Zu Versuchen über die Gährung löse ich in 100 Th. Wasser 12—16 Th. Rohrzucker auf, zuweilen mit einem kleinen Zusatz von Fruchtsaft. Alle Culturen wurden in Reagensgläsern ausgeführt, deren Verschluss in einem Gummipfropfen bestand, der von einer tief herabgebogenen und an beiden Enden offenen Glasröhre durchbohrt war, so dass die Luft mit dem Inhalte beständig in Berührung

1) Hallier in der botanischen Zeitung von 1866 p. 11 und 60. Die Parasiten des menschlichen Körpers 1866 und Archiv für mikroskopische Anatomie l. c.

blieb, und zugleich das Eindringen fremder Keime vollständig ausgeschlossen war. Die Gläser standen während der Cultur in einem Wasserbade, dessen Temperatur möglichst gleichmässig auf 30—40° C. erhalten wurde. Zur Controlle der Culturen wurde stets ein Glas mit derselben Flüssigkeit gefüllt, welche die besäeten Gläser enthielten, und ohne dasselbe zu besäen neben die anderen gestellt.

Für die Culturen auf dem Objectträger unter Deckglas oder in der feuchten Kammer wurden alle dabei verwandten dicken und dünnen Gläser erst durch starkes Erhitzen in der Spritflamme von allen Keimen gereinigt, und um das Austrocknen der Präparate sowohl, als das Auffallen fremder Keime zu verhüten, dieselben unter Glasglocke mit Wasserverschluss aufbewahrt.

Wo Sporen durch trockne Hitze getödtet werden sollten, habe ich 15—30 Min. eine Temperatur von 160° C. auf sie einwirken lassen, denn nach dem blossen Erhitzen auf 100° habe ich noch Entwicklung von Keimen aus ihrem Plasma direct beobachten können, wenn sie einige Tage in Fleischwasser oder Zuckerwasser gelegen hatten. Denn der Verlust der Keimkraft ist weder hier, noch bei gekochten Sporen als sicheres Kriterium zu betrachten, dass alles Leben erloschen ist.

Um nun zu ermitteln, ob sich bei dem angegebenen Verfahren wirklich Vibrionen aus Schimmelsporen entwickeln, habe ich Reagensgläser, die wie oben angegeben mit Fleischwasser gefüllt und erhitzt waren, in dem Moment, als ich sie aus dem Kochapparat hervorzog, mit Sporen besäet, indem ich mit einer vorher geglühten Pincette Sporen sowohl von Mucor als Penicillium, Botrytis, Torula, Manilia, Aspergillum, Septosporium, Arthrobotrys, Acremonium und Verticillium hineinbrachte [1]), und dann sogleich die Gläser mit Gummipfropf und Glasrohr schloss. Wenn dann die Gläser gleich nach dem Besäen in das warme Bad gebracht wurden, habe ich oft schon nach einigen Stunden Trübung der Flüssigkeit beobachtet, und sie nach 24 St. immer von Vibrionen wimmelnd gefunden, wohingegen das unbesäete Controllglas ungetrübt geblieben war. Soll eine solche Flüssigkeit näher untersucht und nachher noch weiter beobachtet werden, so muss mit einer vorher geglühten Pincette möglichst rasch ein Tropfen herausgeholt werden und muss für jedes Glas eine be-

1) Welche Arten der angegebenen Gattungen genommen wurden, war für den Erfolg gleich.

sondere Pincette bereit sein. Wird bei der Untersuchung der Gläser mit der nöthigen Vorsicht verfahren und das Controllglas eben so behandelt, so zeigt dasselbe, dass auf die angegebene Weise Nichts hineingebracht wird.

Zum Belege des hier Gesagten gebe ich den Gang einiger Culturversuche näher an.

Den 29. Februar 1867 wurden fünf Gläser angesetzt, zwei davon nach dem Abkühlen besäet, Nr. 1 mit Penicillium glaucum Lnk., Nr. 2 mit Mucor mucedo L., Nr. 3 blieb zur Controlle der Flüssigkeit unbesäet. Alle drei wurden ins Bad gestellt. Nach 12 St. war die Flüssigkeit in 1 und 2 bereits trübe, nach 24 St. zeigte die mikroskopische Untersuchung, dass beide von Vibrionen wimmelten, die in 1 grösser waren als in 2. Gekeimt hatten die Sporen in beiden Gläsern nicht, was in der Regel durch die hohe Temperatur des Bades ganz verhindert oder doch sehr unterdrückt wird, welcher Umstand dagegen die Entwicklung der Körner aus den Sporen sehr begünstigt. Letzteres kann bei sehr starkem Treiben von Keimfäden mitunter längere Zeit ganz unterbleiben.

Um den Einfluss der erhöhten Temperatur auf die Vibrionen-Entwicklung näher zu constatiren, wurden gleichzeitig mit den drei Gläsern zwei ganz auf dieselbe Weise bereitete Gläser bei 13—15° C. aufbewahrt. Nach 24 St. war in beiden die Flüssigkeit noch ganz klar, die Sporen von Penicillium hatten viele Keimfäden getrieben, die nicht gekeimten Sporen waren aufgequollen, freie Körner und Stäbchen enthielt die Flüssigkeit wenig. Die Sporen von Mucor hatten gar nicht gekeimt, wahrscheinlich weil sie alt waren, sie waren stark gequollen, doch hatten sie auch nur wenig Körner entlassen; fünf Tage später aber enthielten sie viele und gleich starkbewegte Vibrionen, wie die beiden Gläser im Bade, nur war die Fäulniss in diesen beiden schon viel stärker. Das unbesäete Glas war unverändert klar geblieben.

Ein zweiter Versuch der acht Tage später in derselben Weise ausgeführt ward, ergab wie zehn andere, bei welchen jedesmal drei bis sechs Gläser gefüllt wurden, dasselbe Resultat, nur waren diesmal, wie dies häufig der Fall ist, die Vibrionen von Mucor in allen Dimensionen stärker als die von Penicillium. In einem Falle erhielt ich sowohl von Mucor als Penicillium fast lauter einzelne, zitternde aber etwas grössere Körnchen als gewöhnlich. Es schien dies von der Beschaffenheit der Hüllen herzurühren, welche die Körnchen

und Stäbchen zu längeren Reihen verbinden, denn die wenigen zusammenhängenden Reihen, die ich sah, fielen bei der geringsten Bewegung des Deckglases auseinander.

Von zwei Gläsern, die mit ungekochtem Fleischwasser ohne Sporenaussaat gefüllt waren, wurde das eine ins Bad gestellt, das andere bei 13 15° C. aufbewahrt. Das erste wimmelte nach 24 St. von Vibrionen und zeigte nach 48 St. eine weisse Haut an der Oberfläche, die ganz aus Vibrionen bestand. Das zweite blieb vier Tage klar und füllte sich dann langsam mehr und mehr mit Vibrionen. Die Vibrionenhaut hatte es erst nach vierzehn Tagen.

Den 19. März wurde Wasser mit dem Herzblut eines Hundes gemischt, und wie oben erhitzt. Die Gläser wurden besäet mit Aspergillum glaucum Lnk., Botrytis acinorum Pers., Torula rufescens Fresn., Septosporium bifurcum Fresn. und nebst dem Controllglase ins Bad gestellt. Nach 24 St. waren sie trübe und voll Vibrionen; da aber auch das Controllglas nicht ganz frei davon war, so wurde die Aussaat den 28. März im Fleischwasser wiederholt, und wurde das mit der Torula besäete Glas schon nach drei St. trübe, die anderen etwas später. 24 St. nach Aussaat zeigten alle starke Vibrionen-Entwicklung, die aber nur sehr schwache Bewegung hatten; letztere nahm allmählig so zu, dass am 26. die Vibrionen in sämmtlichen Gläsern sehr lebhafte Bewegungen hatten. Die von Septosporium waren sehr scharf rosenkranzförmig gegliedert, und hatten die längeren eine ungewöhnlich stark schlängelnde Bewegung. Den 2. April 1867 enthielten alle eine neben den lebhaft bewegten Vibrionen alle möglichen Abstufungen der Bewegung bis zum Ruhezustande. An ruhenden Vibrionen fehlt es fast nie in einer stark faulenden Flüssigkeit, es mögen die Vibrionen in derselben durch Sporenaussaat oder spontan entstanden sein, nur werden dieselben in dem Gewirre der bewegten leicht übersehen. In jedem nicht zu flachen Gefäss, worin dergleichen cultivirt wird, findet sich an der Oberfläche eine Haut, am Grunde desselben ein Bodensatz, der mehr oder weniger zusammengeballte Klumpen ruhender Vibrionen-Körner und Stäbchen enthält, von denen sich wohl am Rande noch manche Stäbchen ablösen und mit den anderen schwirren; bei etwas grösseren Anhäufungen aber bleibt ein grosser Theil in Ruhe.

Mit dem Alter der Infusionen nimmt der ruhende Zustand der Vibrionen immer mehr zu. Sie sinken dann alle nieder, so dass zuletzt nur ein kleiner Bodensatz in der Flüssigkeit zu sehen ist,

wobei zugleich die Fäulniss derselben aufhört. Im Bade tritt letzteres oft schon nach einigen Wochen ein, in einer niedrigeren Temperatur erst nach Monaten. Diese ruhenden Keime sind aber keinesweges abgestorben, sondern harren nur neuer Nährstoffe um neues Leben zu zeigen, denn sobald etwas keimfreies Fleischwasser hinzugefügt wird, tritt wieder Vermehrung und Bewegung derselben ein. Die aus Schimmelsporen erzeugten Vibrionen zeigen, mit freientstandenen verglichen, in ihrem ganzen Verhalten nicht den geringsten Unterschied von jenen, denn es finden sich bei diesen ganz dieselben Verhältnisse in Bezug auf Form, Bewegung und Ruhe, die wie bei den von Schimmel stammenden zu beobachten sind. Vibrionen erzeugen sich in jedem Theile eines Thierkörpers, auch wenn er dem Innern desselben entnommen und mit grösster Vorsicht das Eindringen von Keimen abgehalten wird. Wird das Herz eines beliebigen Thieres gleich nach der Tödtung unter eine Glocke gebracht, und das in demselben zurückgebliebene Blut nach einigen Tagen untersucht, so finden sich in demselben, auch wenn es der Mitte entnommen wird, ruhende Körnchen und bewegte Stäbchen oft ebenso zahlreich, als in gekochtem und mit Sporen besäetem Blutwasser. Dieser Umstand führt auf die Vermuthung, dass solche Keime während des Lebens im Blute gesunder Thiere enthalten sein müssen.

Dass dies wirklich der Fall ist, zeigt sich schon durch directe Beobachtung eines Blutstropfens, der sehr dünne über eine Glasplatte gestrichen und mit starker Vergrösserung sorgfältig untersucht wird. Es finden sich immer einzelne Vibrionen-Stäbchen darin und in manchen Fällen auch kleine Häufchen derselben (Fig. 10, x). Doch sind sie mit seltenen Ausnahmen ohne Bewegung. Diese tritt erst bei der Zersetzung und Fäulniss des Blutes ein. Um auch in grösseren Blutmengen, die thierischen Körpern entnommen waren, ohne dass sie mit der Luft in Berührung kamen, das Vorhandensein der in Rede stehenden Keime nachzuweisen, wurde im physiologischen Institut unter Leitung von Professor Hensen folgender Versuch ausgeführt.

Es wurde die Spitze einer Glasröhre, die in Form eines W mit lang und spitz ausgezogenen Enden gebogen und im geschlossenen Zustande eine halbe Stunde auf 200° C. erhitzt worden war, in das Herz eines eben durch Erstickung getödteten Meerschweines gesteckt und darin abgebrochen. Am anderen Ende wurde durch Saugen der Eintritt des Blutes in die Röhre gefördert, und schliess-

lich dieses soweit abgeschmolzen, dass die geringe Feuchtigkeit, die beim Saugen in dieselbe eingedrungen sein konnte, entfernt wurde. Dann wurde die zweite Spitze gleichfalls zugeschmolzen und die Röhre bei einer Temperatur von 13—15° C. aufbewahrt. Von einer solchen Röhre, deren am 8. November 1866 mehrere bereitet waren, wurde am 10. November eine Spitze geöffnet und am folgenden Tage durch Erwärmen der Luft in derselben ein Tropfen Blut herausgepresst, dessen Untersuchung mit dem Mikroskope zeigte, dass er viele Schimmel-Vibrionen-Keime enthielt, sowohl einzelne Körnchen, als auch in Stäbchen- und Kettenform; bewegte Stäbchen waren noch selten. Am 12. traten dieselben schon zahlreicher auf, und wurde ihre Bewegung durch Hinzufügen von Wasser viel lebhafter. Bis zum 17. wurde das Blut noch dreimal untersucht, und die Bewegung und Vermehrung der Keime in stetiger Zunahme gefunden, so dass am gedachten Tage das Ganze zu einer faulenden und von bewegten Vibrionen wimmelnden Jauche geworden war. Die Blutkörper schwinden allmählig bei zunehmender Fäulniss.

Wird solches Blut Monate lang aufbewahrt, so verhält es sich ganz wie andere faulende Flüssigkeiten. Die Vibrionen werden zu einer ruhenden Körnermasse, das Blut nimmt einen strengen, aber nicht faulen Geruch an; wird ein Tropfen davon in ein Glas mit vorher auf 140° C. erhitztem Fleischwasser gethan und ins Bad gestellt, so ist dasselbe schon nach 24 St. mit ruhenden und zitternden Vibrionen erfüllt, die später lebhafte Bewegung zeigen. Solche Blutculturen habe ich zahlreich wiederholt, und dazu das Blut von Fischen, Hühnern, Schweinen, Kühen und Hunden benutzt, und immer dieselben Resultate erhalten.

Ferner habe ich Blutstropfen in der feuchten Kammer aufbewahrt, die an die untere Seite des Deckglases gebracht waren, welches als Deckel die Kammer schloss, und habe sie auf diese Weise lange Zeit und mit starken Vergrösserungen beobachten können. In einem frischen Tropfen sind, wie schon oben angegeben, immer einzelne Keime enthalten, die als Stäbchen oder Körnerhäufchen am Rande des Tropfens aufzufinden sind (Fig. 10, x). In drei bis vier Tagen vermehren sie sich sehr und liegen häufig an einzelnen Stellen so dicht beisammen, dass sie farblose körnige Flecke in der Blutmasse bilden. Am Rande des Tropfens, wo sich gewöhnlich etwas wässerige Feuchtigkeit ansammelt, zeigen sie zuerst Bewegung und schwinden hier die Blutkörper eher als in der Mitte des Tropfens,

wo sie an der nach oben gewandten Seite desselben oft lange ihre Form behalten können. Es waren dieselben in einem Tropfen Blut aus dem Herzen eines Hundes noch nach elf Tagen scheinbar unverändert, nur waren sie etwas missfarbig geworden, und es lagen hin und wieder Häufchen grosser Körner dazwischen; die Masse der beweglichen Stäbchen war wegen der zu geringen Durchsichtigkeit des Tropfens nicht deutlich zu erkennen. Bei genauer Untersuchung einer geringen Menge dieses Blutes in Wasser lösten sich von sämmtlichen Blutkörpern Körner und Stäbchen in Menge ab, die im Wasser wirbelten, wobei die Blutkörper gleichzeitig im Wasser zerflossen. An der Oberfläche des Tropfens, die frei in die Kammer hinein gerichtet war, hatten sich viele Körner zu kleinen Zellen ausgebildet, die gruppenweise beisammen lagen (Fig. 6, b) und zwischen denen die Uebergänge vom kleinen Korn zum grösseren und von diesem zur Zelle überall zu verfolgen waren. Wenn solche Zellen sich in günstiger Lage befinden, so keimen sie häufig und entwickeln an ihren Keimfäden die Sporen der Schimmelart, von welcher sie stammen. Bei zu grosser Feuchtigkeit lösen sie sich leicht wieder in einen kleinen Körnerhaufen auf.

Wie gross der Einfluss etwas veränderter Lebensverhältnisse auf die Entwicklung der kleinen Keime ist, zeigt sich, wenn zwei Blutstropfen derselben Quelle entnommen und so cultivirt werden, dass dem einen etwas mehr Wasserdunst zugeführt wird, als dem anderen. In dem nassgehaltenen nehmen die Keime keine andere Form als die bewegten Vibrionen an. In dem anderen, dem nur so viel Wasserdunst zugeführt werden darf, als nöthig ist, um dem Blute die ursprüngliche Feuchtigkeit zu erhalten, bilden sie sich oft in sehr grosser Menge zu Zellen aus, die in manchen Fällen mit Krystallen untermischt sind (Fig. 6, c). Haben solche Zellen einen sehr körnerreichen Inhalt, so gleichen sie den Eiterkörpern (Fig. 6, b). In grösseren Blutmengen habe ich sie vereinzelt auch gefunden, aber nie in so grosser Zahl als bei der Cultur einzelner Tropfen.

Wenn hingegen Blut oder ähnliche Flüssigkeiten in verschlossenen Röhren ohne allen Zutritt der Luft aufbewahrt werden, so vermehren die Keime sich langsamer und sind beim Oeffnen der Röhre meistens ganz ohne Bewegung, oder dieselbe ist schwach und zeigt sich auch nur an einzelnen Stäbchen.

Auch in der Milch sind die Keime in grosser Menge enthalten, und so lange die Milch nicht fault auch hier ohne Bewegung. Wenn

die Milch zu gerinnen anfängt, haben sie sich bereits sehr stark vermehrt, und sind in ruhender Form mit den Milchkügelchen zusammen geballt. Lässt man die Milch unter Wasserverschluss so lange stehen, bis sie Käsegeruch entwickelt, und bringt dann etwas von dem faulen Rahm in einen Tropfen Wasser, so zerstreuen sich die Körnchen und Stäbchen, welche er enthält, mit schnellster Bewegung im Wasser.

Weil die Milch die Keime reichlich enthält, so können sie auch im Käse nicht fehlen, und da sie bei dessen Bereitung Zeit haben sich zu vermehren, so sind sie in grosser Menge darin enthalten. Wird ein wenig Käse in Wasser gelegt, so lösen sie sich allmählich von demselben; der Käse wird unter Verminderung seines Umfanges zu einer weissen schwammigen Masse, die zum grössten Theil aus Fettaugen besteht. Das Wasser wird mit lebendigen Vibrionen erfüllt, die ganz mit denen übereinstimmen, die Pasteur als das Ferment der Buttersäure-Gährung beschreibt [1]). Wird Käse in Fleischwasser gelegt, so ist dasselbe im Bade nach 24 St. eben so reich an Vibrionen, als wenn es mit Sporen besäet wäre, deren Bewegung hier gleichfalls mit dem Grade der Fäulniss zunimmt.

In frischen Eiern ist es oft schwer, die Keime direct nachzuweisen, weil der Dotter so reich an Körnern ist, dass die kleinen Stäbchen dazwischen verschwinden. Wird aber etwas von dem Dotter eines frisch gelegten Eies in ähnlicher Weise, wie beim Blut angegeben, in Röhren gebracht und mit Wasser, welches vorher auf 140° erhitzt ist, vermischt, so zeigen sich dieselben Erscheinungen, wie beim Blute. Es entwickeln sich in zwei bis drei Tagen in der Flüssigkeit Anhäufungen von ruhenden Ketten (Fig. 7, a), Stäbchen und Körnern, die beim Eintritt der Fäulniss hier, wie überall, lebhafte Bewegung haben. Es ist daher nicht nothwendig anzunehmen, dass die Vibrionen, welche A. Donné [2]) in einem Ei fand, das er dicht mit Baumwolle, die vorher auf 150° erhitzt war, umhüllt hatte, um es gegen das Eindringen der Keime von Aussen zu schützen, durch Generatio aequivoca entstanden sind, weil sie wohl nur durch Entwicklung der Schimmelkeime entstanden waren, die jenes Ei, so gut wie andere Eier schon früher enthielt, und durch deren

1) Comptes rendus T. LII, p. 345, 1861.

2) Journal de l'anatomie et de la physiologie publié par C. Robin IIIme année N. 5 Sept., Oct. Paris 1866.

Lebensprocess die Stoffe, aus denen das Ei besteht, zersetzt und in Fäulniss übergeführt werden. Junge Eier, die erst die Grösse einer Erbse haben, enthalten die Keime eben so reichlich, als ausgewachsene, denn sie liefern bei gleicher Behandlung dieselben Resultate.

In der Mundhöhle und auf dem Epithelium der Zunge treten diese Keime in der Form der Leptothrix buccalis *Remak.* auf, die Hallier freilich, wie alle seine Leptothrix-Gebilde gänzlich von den Vibrionen getrennt wissen will [1]). Wenn derselbe aber nicht etwas anderes Vibrionen nennt, als was sonst in der Wissenschaft darunter verstanden wird, so ist auch hier nur ein Formunterschied vorhanden, der durch äussere Verhältnisse hervorgerufen wird. Ebenso scheint es auch mit den l. c. und an einem anderen Ort beschriebenen Vibrionen zu sein [2]), denn die dort angegebenen Merkmale für echte Vibrionen kommen sowohl bei den aus Schimmelsporen erzeugten als bei den frei entstandenen vor.

Wird die Leptothrix buccalis oder Schimmelsporen in reinem Wasser cultivirt, dann haben die Stäbchen allerdings keine oder eine schwächere und meistens nur zitternde Bewegung. Sobald aber die besagte Leptothrix in Fleisch- oder Blutwasser gebracht wird, vermehren und verhalten ihre Ketten, Stäbchen und Körner sich genau so, wie die Vibrionen, die in solchen Medien aus Schimmelsporen erzeugt oder in einer beliebigen stickstoffhaltigen und faulenden Flüssigkeit spontan entstanden sind.

Die von Herrn Professor Hallier mitgetheilte Thatsache, dass aus den Leptothrix-Gebilden unter Umständen Hefe entstehen kann, hat bis jetzt ausser in meiner Arbeit [3]) ebensowenig Bestätigung gefunden, als die Angaben von Bail, Berkelay und Hoffmann, dass aus Schimmelsporen Hefe erzeugt werden kann. Der Zweifel an der Zuverlässigkeit der Resultate, welche man bei Culturen erzielte, die in dieser Richtung angestellt wurden, stützt sich hauptsächlich darauf, dass bisher keine genügende Sicherheit gegeben wurde, dass die zur Cultur benutzten Flüssigkeiten frei von Hefekeimen gewesen waren. Ferner kommen bei den Culturen manche Nebenumstände in Betracht, deren Nichtbeachten das Fehlschlagen

1) Die pflanzlichen Parasiten des menschlichen Körpers. Leipzig 1866 p. 66.

2) M. Schultze Archiv für mikr. Anatomie Bd. II, Heft I, 1866 p. 69.

3) Botanische Zeitung 1866 p. 33.

4) de Bary Morphologie und Physiologie der Pilze. Leipzig 1866 p. 182.

der beabsichtigten Erfolge veranlassen können. Es muss nicht nur ein gewisses Verhältniss in der Mischung der Flüssigkeit beobachtet werden, welche zu solchen Versuchen über Gährung und Hefebildung bestimmt sind, sondern es kommt auch die Menge der Keime, welche denselben zugesetzt wird, in Betracht. Die Hauptsache aber ist die Temperatur, welcher die Flüssigkeiten ausgesetzt werden, nachdem die Keime, sei es in Form von Sporen-Leptothrix oder Vibrionen hineingebracht sind [1]).

Eine Mischung, die mir am leichtesten die gewünschten Resultate gab, enthielt wie oben angegeben 12—16 Theile Rohrzucker auf 100 Th. Wasser. Wird dieselbe nach dem Erhitzen auf 140° C. mikroskopisch untersucht, so sind die kleinen Keime, welche nie darin fehlen, noch mehr gebräunt als die Flüssigkeit, und habe ich sie nie, weder in der feuchten Kammer, noch in Flaschen, in denen die Luft durch gebogene Röhren freien Zutritt hatte, sich wieder vermehren oder Hefezellen darin entstehen sehen, selbst wenn sie Monate lang aufbewahrt und die Flaschen wiederholt ins Bad gestellt wurden. Es ist deshalb bei einer auf solche Weise bereiteten Flüssigkeit, wenn die zur Aufnahme derselben bestimmten Gläser derselben Hitze ausgesetzt werden, der Zweifel an der Reinheit derselben soweit aufgehoben, als dies überhaupt erreichbar ist. Zweifel, die dann noch bleiben, habe ich durch zahlreiche Wiederholung der Culturen möglichst zu entkräften gesucht. Die Sporen, die ich zur Aussaat verwendet habe, stammen von Schimmelrasen, die unter Glasglocke mit Wasserverschluss gezogen sind, um das Auffallen von Keimen aus der Luft während ihres Wachsthums zu verhüten. Soll nun sicher und schnell Hefe aus Schimmelsporen entstehen, so ist es hier vor Allem nothwendig, die Gläser mit den Flüssigkeiten, sobald sie mit Sporen besäet sind, in ein Bad von 30—40° C. zu

1) Die Ansicht von H. Hoffmann, dass Leptothrix und Vibrio in keiner genetischen Beziehung zu der Hefe stehen (Mykologische Berichte Bot. Ztg. 1867 p. 55) ist durch den Nachweis widerlegt, dass die drei genannten Körper denselben Ursprung haben und nur in verschiedenen Lebensbedingungen diese verschiedenen Gestalten annehmen. Es kann mitunter schwierig sein, in einer lebhaft gährenden Flüssigkeit die Uebergänge von Leptothrix und Vibrionen in Hefezellen nachzuweisen, aber häufig genug sind sie in gährbaren Flüssigkeiten, welche gleich nach dem Besäen mit Sporen, mit Leptothrix oder Vibrionen täglich untersucht werden, in allen Stufen der Entwicklung zu verfolgen.

bringen und sie möglichst gleichmässig in dieser Temperatur zu erhalten, denn bei noch grösserer Wärme leiden die Sporen und brauchen dann mehrere Tage länger, ehe sie Hefe entwickeln; bei niedrigerer Temperatur entstehen zu viele Keimfäden, deren Wachsthum auch in der Zuckerlösung durch die erhöhete Temperatur fast ganz unterdrückt wird, so dass die Keime des Sporenplasma reichlich aus den Sporen treten und sich bald zu Hefezellen entwickeln. Nach den ersten 24 St. findet man in der Flüssigkeit ausser den Sporen, die häufig stark aufgequollen sind, gewöhnlich nur Körner und Stäbchen, die immer ohne Bewegung sind. Den zweiten Tag sind viele derselben schon zu kleinen Bläschen geworden, die ein oder zwei kleine Körnchen enthalten (Fig. 8, a). Etwas grössere, die mehr Körner enthalten und das Ansehen kleiner Hefezellen haben, sind noch selten (Fig. 8, b). Am dritten Tag sind letztere schon zahlreich vorhanden, zum grössten Theil aber noch einzeln oder nur mit einer oder zwei kleinen Sprosszellen versehen. Die folgenden Tage wird die Flüssigkeit durch stärkere Vermehrung der Hefe allmählig getrübt und enthält viele verzweigte Zellcolonien, wie sie in jeder lebhaft vegetirenden Hefe gefunden werden (Fig. 8, c).

Dies ist der Verlauf zahlreicher Culturen, die ich in der angegebenen Weise mit Penicillium glaucum Lnk. angestellt habe, bei welcher Art mir die Hefenentwicklung in reiner Zuckerlösung nie fehlgeschlagen ist. Mit Mucor, Aspergillus, Arthrobotrys, Verticillium und Acremonium, ist es in reiner Zuckerlösung mitunter schwieriger, Hefe zu erzielen, besonders wenn alte Sporen gebraucht werden. Es erscheint dann die Hefe später und in geringerer Menge, sobald aber der Zuckerlösung etwas Fruchtsaft zugesetzt ist, verläuft auch hier die Hefebildung wie oben angegeben. Von Septosporium bifurcum Fresn. konnte ich in reiner Zuckerlösung gar keine Hefe erzielen, aber reichlich mit Zusatz von Fruchtsaft. Torula rufescens *Fresn.* und Monilia antennata *Pers.* gaben mir in einer Zuckerlösung schon nach zwei Tagen reichlich Hefe.

In einer reinen, aus Alkohol krystallisirten Traubenzuckerlösung gaben Penicillium und Mucor mir schon nach 24 St. schöne Hefe. Abgesehen von dieser Beschleunigung des Erfolges bietet die Anwendung dieses Zuckers keine Vortheile, und da er schwer rein von Keimen darzustellen ist, und keiner so starken Hitze ausgesetzt werden kann, als der Rohrzucker, so ist dieser in Hinsicht der Sicherheit der Resultate dem ersteren vorzuziehen.

Ganz anders sind die Resultate solcher Culturen, wenn sie mit Flüssigkeit und Sporen desselben Rasens in einer niedrigeren Temperatur vorgenommen werden. Selbst noch bei 25° C. entsteht eine ausserordentlich grosse Menge kräftiger Keimfäden, die alles Plasma zu ihrer Ernährung bedürfen und deshalb keine oder sehr wenige Körner austreten lassen. Wenn überall Hefebildung eintritt, so ist sie sehr verspätet und so sparsam, dass sie nicht hinreicht, merkbare Gährung in der Flüssigkeit zu erzeugen. Hierin mag der Grund zu suchen sein, weshalb de Bary bei den Versuchen, die er anstellte, um Hefe aus Schimmelsporen zu erzeugen, selten und dann nur wenig Hefe erzielte, statt dessen aber Schimmelrasen an der Oberfläche der Flüssigkeit entstehen sah [1]). Denn dies ist der gewöhnliche Erfolg, wenn die erhöhete Temperatur nicht angewandt wird, und da deren Anwendung nicht erwähnt wird, so ist wohl anzunehmen, dass sie ausgeschlossen war.

Wenn Penicillium-Sporen zur Erzeugung von Hefe auf dem Objectträger in Zuckerlösung cultivirt wurden, so ist der Erfolg schon wegen des fehlenden Wärmegrades oft kein günstiger; es treten hier schon nach 48 Stunden, wenn nicht früher die Sporenstände auf, weshalb keine Körner aus den Keimfäden austreten können. Wird ein Deckglas aufgelegt, so treiben die Sporen, die vom Rande entfernt sind, freilich keine Keimfäden, aber ebenso wie hier der Luftmangel die Keimung verhindert oder doch verspätet, hat er denselben nachtheiligen Einfluss auf die Hefebildung. Gelingt hingegen eine solche Cultur, so liegen viele der aus den Keimfäden austretenden Körner zwischen den Fäden ausgebreitet, wodurch die Gelegenheit geboten wird, alle Uebergänge derselben bis zur Hefezelle zu verfolgen (Fig. 8). Das directe Aussprossen der Hefezellen aus den Keimfäden, wobei sie, gleich kleinen Blättern am Zweige, an den Keimfäden haften [2]), ist mir bei der Hefebildung auf dem Objectträger selten vorgekommen. Etwas ähnliches sah ich häufiger an den Sporen von Penicillium, die aus unbekannten Gründen oder weil durch Anwendung ziemlich hoher Wärmegrade ihre Keimkraft zerstört war, keine Keimfäden trieben. Es treten aus solchen Sporen entweder, ähnlich wie bei der Kei-

1) de Bary, Morphologie und Physiologie der Pilze. Leipzig 1866 p. 182.
2) l. c. p. 183, f. 73 B.

mung, kleine farblose Warzen hervor, die hier aber nicht zum Keimfaden auswachsen, sondern nur Form und Grösse der Mutterzelle erreichen, mit welcher sie in Verbindung bleiben, und dann Sprosszellen treiben, oder es treten die Keime, welche die Spore enthält, einzeln hervor und entwickeln sich an derselben haftend zu Tochterzellen, wie dies bei den Keimen, welche die Hefezellen enthalten, häufig stattfindet, wodurch bei Wiederholung des Vorganges hier ebenfalls verzweigte Zellcolonien gebildet werden.

In den Gläsern, die zur Erzeugung von Hefe aus Schimmelsporen in Zuckerlösung in einer Temperatur von 30—40° C. stehen, entwickeln sich kleine verkrüppelte Keimfäden, die bei verschiedenen Schimmelarten an den Zweigspitzen Zellen abschnüren, die die Form und Grösse der Gliederhefe Hallier's haben (Fig. 9, x) und nur selten von der Form gewöhnlicher Hefezellen sind. Dass sich zuweilen innerhalb der grossen Keimfäden, welche Mucor in gährbaren Flüssigkeiten treibt, die in derselben zurückbleibenden einzelnen Keime zu Hefezellen entwickeln, habe ich schon früher angegeben [2]). Wo der Raum es gestattet, bilden sie durch Sprossung innerhalb der Fäden dieselben kleinen Zellcolonien, die ausserhalb derselben entstehen (Fig. 11, x).

Die Hefe wird nicht nur aus solchen Schimmelkeimen erzeugt, die unmittelbar aus den Sporen in eine gährbare Flüssigkeit gelangen, sondern ebenso leicht aus solchen die in faulenden Flüssigkeiten in Vibrionen-Form enthalten sind. Werden solche Keime in eine Zuckerlösung gebracht, so verlieren sie oft augenblicklich ihre Bewegung, nach einigen Stunden hat sich der faule Geruch des Fermentes verloren, und im günstigsten Falle ist schon nach 48 Stunden, wenn die Mischung im Bade stand, die Umbildung der Vibrionen-Körner in Hefezellen zu beobachten. Es zeigt sich dieselbe sowohl an freien Körnern als an Körnergruppen. Aus letzteren entstehen dann, noch ehe die jungen Zellen sprossen, Zellcolonien, in welchen alle Uebergänge der Körner in Bläschen und dieser in Hefezellen zur Anschauung kommen. Zum Gelingen solcher Culturen ist es nothwendig, dass ein gewisses Verhältniss zwischen der Menge der Keime und dem Zuckergehalte der Flüssigkeit eingehalten wird, weil bei zu geringem Zuckergehalt wohl die Fäulniss des hineinge-

1) Pflanzliche Parasiten p. 63.

2) l. c. p. 37, T. II, F. 4, d.

brachten Fermentes aufgehoben, auch starke Vermehrung der Keime hervorgerufen, aber keine Hefe erzielt wird. Dies zeigt sich auch bei der Cultur solcher Keime in der feuchten Kammer, wo höchst selten Hefeentwicklung stattfindet, weil der Tropfen Zuckerlösung nicht hinreichend Nahrung enthält, um den sich stark vermehrenden Keimen die Ausbildung zu Zellen zu gestatten.

Von einer Mischung, der auf sechs Theile Zuckerlösung ein Th. Vibrionen-Flüssigkeit zugesetzt war, habe ich bei der Cultur in Reagensgläsern meistens günstige Resultate erhalten. Bei der Anwendung von vier Monate altem Blute mit lauter ruhenden Körnern erforderte die Umbildung derselben in Hefe etwas mehr Zeit als bei frischen Keimen. Dasselbe findet bei frischen Keimen statt, wenn die Cultur bei niedrigerer Temperatur vorgenommen wird. Soll das entgegengesetzte Resultat erreicht und Hefe in eine Vibrionen-Masse umgewandelt werden, so ist dies durch Cultur von Hefe in Fleischwasser zu erreichen, nur muss möglichst wenig von der gährenden Flüssigkeit mit in dasselbe hinüber genommen werden, weil sonst die Gährung mit übertragen und das Fleischwasser bei starker Vermehrung der Hefe sehr bald essigsauer wird. Bei Vermeidung dieses Fehlers ist die Vermehrung der Hefe bald beendigt, die Plasmakeime, welche aus den Hefezellen austreten und in einer gährenden Flüssigkeit, oft noch an der Mutterzelle haftend, zu neuen Zellen auswachsen, zerstreuen sich hier sogleich in der Flüssigkeit und nehmen Vibrionen-Form an. Allmählig verschwinden die Hefezellen, deren Membran sich in der faulenden Flüssigkeit auflöst, in welcher das gewöhnliche Gewimmel der Keime entsteht.

Organische Körper werden im frischen wie faulen Zustande als Fermente benutzt, um Gährung hervorzurufen, und sind hierzu Theile von Pflanzenkörpern ebenso brauchbar, als Theile des thierischen Körpers, weil die Pflanzen ebenso gut die hier besprochenen Schimmelkeime enthalten, als die Thiere. Im weichen und saftigen Fleisch mancher Früchte sind sie direct nachzuweisen und kann unter günstigen Verhältnissen ihre weitere Ausbildung zu Hefezellen unter dem Mikroskop verfolgt werden. Es sind dies die kleinen Bläschen, aus denen Professor K a r s t e n s sich Hefezellen entwickeln sah [1]), nur gehören sie nicht zu den normalen Bestandtheilen des Fruchtfleisches, sondern sind die erste Entwicklungsstufe der kleinen

---

1) Bot. Ztg. 1848, p. 457.

parasitischen Keime, welche vielleicht schon zur Blüthezeit in die Eizellen des Fruchtknotens eindringen.

Wird ein Stück von einer süssen saftigen Frucht abgetrennt und unter Wasserverschluss aufbewahrt, so haben sich häufig nach drei bis vier Tagen unter dem Fruchtstück eine Menge Hefezellen ausgebildet, zwischen denen manche sich finden, die einen Keimfaden getrieben haben; derselbe tritt entweder direct aus einer einfachen Hefezelle hervor, oder die Zelle theilt sich vorher durch eine Scheidewand in zwei Hälften; oft wird diese Theilung mehrmals wiederholt, wodurch ein knotiger, kurzzelliger Faden entsteht, aus welchem an verschiedenen Stellen Keimfäden hervorsprossen. Wenn in einer Hefemasse, die unter dem Mikroskop cultivirt wird, keine Zellen zu dieser Entwicklung gelangen, so liegt dies in ungünstigen Verhältnissen, in denen sich die Zellen befinden. Die Hefe kann von Schimmelarten stammen, die überall in der gährenden Flüssigkeit keinen Boden finden, in dem sie zur Keimung oder Sporenbildung gelangen können [1]). Häufiger liegt es aber wohl daran, dass die Zellen sich nicht in dem Feuchtigkeitszustande befinden, den die Keimung erfordert, denn wie bei den im Blut entstandenen Zellen nur diejenigen keimen, welche nicht zu tief in die Feuchtigkeit eingesenkt sind, ist dies auch bei den Hefezellen der Fall. Bei zu grosser Feuchtigkeit vermehren sie sich nur als Hefezellen, wobei denn oft bei kleinen Culturen auf dem Objectträger der Nahrungsstoff zu schnell verbraucht werden mag, so dass schon deshalb das Keimen unterbleibt. Dass bei solchen und ähnlichen Culturen, wenn sie gelingen, meistens nur eine Penicillium-Art und unter diesen das Penicillium glaucum *Lnk.* am häufigsten erscheint, liegt vielleicht nicht allein an der grossen Verbreitung dieser Art, sondern auch daran, dass es wenige Substrate giebt, worauf diese Art nicht zur Keimung und Sporenentwicklung gelangen könnte.

In den festen Geweben der Samen lassen sich die Schimmelkeime nachweisen, wenn man die Samen fein zertheilt und dann

1) So bildet z. B. Pilobolus crystallinus *Tode* in gährbaren Flüssigkeiten auf dem Objectträger cultivirt reichlich Hefe. Die Sporen treiben Keimfäden, die ganz in Gliederhefe zerfallen; aus diesen Zellen treten wie bei allen Hefezellen, viele Körner hervor, aus denen neue Zellgenerationen hervorgehen, die sich wieder und wieder in derselben Weise vermehren. Ob die Sporen des Pilobolus in grösseren Culturen Alkoholgährung hervorrufen, habe ich nicht untersucht.

wie Schimmelsporen in verschiedenen Flüssigkeiten cultivirt. Süsse Mandeln enthalten die Keime so reichlich, dass durch die Menge derselben Fleischwasser nach 24 Stunden ebenso getrübt wird, als durch Aussaat von Sporen. In reinem Wasser entwickeln die Keime sich langsamer. Sie trübten dasselbe erst nach drei Tagen und waren fast ohne Bewegung, am fünften Tage gingen sie vielfach in Hefezellen über, ohne dass dem Wasser Zucker zugesetzt war. In Zuckerlösung gaben Mandeln mir nach drei Tagen Hefe. Die Mandelvibrionen aus dem Fleischwasser in Zuckerlösung gebracht brauchten fünf Tage, ehe sie in Hefe übergingen.

Durch ihren Gehalt an Schimmelkeimen sind alle Früchte und andere organische Körper als Substrat zu Schimmelculturen, die die Entwicklungsgeschichte oder die Erziehung der Sporen aus niedrigeren Keimen, oder die Erzeugung dieser Keime aus den Sporen zum Zweck haben, im rohen Zustande ganz unbrauchbar. Es entbehren die mit denselben erzielten Resultate jeder Sicherheit. Es darf auch kein Brod dazu verwandt werden, weil das Backen ebenso wenig hinzureichen scheint, alle Keime zu tödten, als das einfache Kochen in allen Fällen dazu ausreichend ist. Jedes Stückchen Brod, wenn es auch völlig gegen das Eindringen von Keimen aus der Luft geschützt wird, erzeugt bei hinreichender Feuchtigkeit nach einigen Tagen Schimmel auf seiner Oberfläche.

Aus der Form der Hefezellen die Schimmelart zu bestimmen, von der die Hefe stammt, wird schwerlich gelingen, denn die Form derselben variirt eben so gut in verschiedenen Medien, wie die Form und Bewegung der Vibrionen. Ausserdem sind bei allen Schimmelarten, die ich cultivirt habe, die jungen Hefezellen, wenn sie aus einem einzelnen Korn entstehen, rund; geht hingegen ein zweikörniges Stäbchen in eine Hefezelle über, so wird die Zelle länglich. Die Zellen der Oberhefe sind sehr häufig grösser und länger als die Zellen der Unterhefe, bei denen die runde Form die vorherrschende zu sein pflegt.

Wie ausserordentlich gross der Form-Reichthum aller hierher gehörenden Gebilde ist, geht schon aus den zahlreichen Beschreibungen hervor, die Professor Hallier von denselben giebt [1]). Dass aber durch dieselben dieser Reichthum noch lange nicht erschöpft

---

1) Hallier. die pflanzlichen Parasiten. 1866, Schultze's Archiv für mik. Anatom. l. c. und Bot. Ztg. 1865 und 66.

ist, zeigt sich bei jeder Aenderung in der Culturweise. Wer daher bei derartigen Culturen nicht dieselben Resultate erzielt hat, die ein Anderer erzielte, ist deshalb noch nicht berechtigt, letztere ohne Prüfung als Irrthümer zu verwerfen und als unumstösslich gewiss hinzustellen, dass der Andere höchst unwissend und ganz unfähig ist, solche Dinge zu beurtheilen.

Erklärung der Abbildungen.

Die Figuren 4 und 5 sind bei $\frac{800}{1}$ Vergrösserung gezeichnet, die anderen bei $\frac{500}{1}$.

Fig. 1. Sporen und Keimfaden von Botrytis acinorum *Pers.* in Fleischwasser cultivirt. a eine frisch aufgelegte Spore; b dieselbe nach vier Stunden, bei o Vacuolen, bei x austretende Vibrionen-Stäbchen; c eine Spore; d ein Keimfaden nach 48stündiger Cultur, beide mit ruhenden Vibrionen-Keimen bedeckt.

Fig. 2. Sporen und Keimfaden von Mucor mucedo in reinem Quellwasser cultivirt; a eine frisch aufgelegte Spore; b. dieselbe nach mehreren Stunden; bei x austretende Vibrionen-Stäbchen; c ein Keimfaden nach 24stündiger Cultur, bei x Vibrionen-Keime, die sich zu Zellbläschen entwickelt haben.

Fig. 3. Uebergang der Vibrionen-Keime von Penicillium glaucum *Lnk.* in Schwärmer, die das Ansehen kleiner Monaden haben; a Keime, die sich zu Zellbläschen entwickelt haben, bei x das ursprüngliche Korn; b etwas älterer Zustand derselben mit kleinen Sprosszellen; c solche Zellen, die in die Form schwärmender Monaden übergegangen sind.

Fig. 4. Vibrionen-Keime in verschiedenen Formen; a schwärmende Stäbchen die aus Mucor-Keimfäden in Fleischwasser ausgetreten sind; b ein längerer Vibrio derselben Cultur; c ruhende Form aus Staub; d. Gruppen solcher Keime aus Quellwasser.

Fig. 5. a ein Stück einer trocknen Sporenhaut von Botrytis acin., bei x die Porencanäle von der Seite gesehen; b eine Sporenhaut von Mucor, aus welcher der Inhalt durch Behandlung mit Schwefelsäure entfernt ist, in Wasser liegend, bei x die Poren von oben gesehen.

Fig. 6. Theil eines Blutstropfens der elf Tage in der feuchten Kammer cultivirt ist; a schwärmende Vibrionen-Keime; b dieselben zu Bläschen ausgebildet; c letztere zu einer Art Eiterkörperchen entwickelt; d Krystalle.

Fig. 7. Vibrionen-Keime aus Eidotter mit Wasser, drei Tage im Bade cultivirt; a Keime in Körner und Stäbchenform; b längere Ketten, deren Glieder aus solchen Keimen bestehen.

Fig. 8. Hefebildung aus Vibrionen-Keimen; a Keime; b dieselben als Bläschen; c älterer Zustand der Zellbläschen; d kleine Zellcolonien, die durch Sprossung aus letzteren hervorgegangen sind.

Fig. 9. Keimfaden von Septosporium bifurcum *Fresn.* in Zuckerlösung mit Fruchtsaft im Bade cultivirt, bei x Gliederhefe.

Fig. 10. Frisches Herzblut einer Henne mit Vibrionen-Stäbchen bei x.

Fig. 11. Stück eines Keimfadens von Mucor in Zuckerlösung mit Fruchtsaft auf dem Objectträger cultivirt, bei x junge Hefezellen, die sich innerhalb der Fadenmembran aus Vibrionen-Keimen entwickelt haben.

Bemerkungen zu dem Aufsatz

„Ueber Abstammung und Entwicklung von Bacterium termo."

Von

Dr. Hensen,
Professor der Physiologie in Kiel.

Zu der Arbeit der Frau Lüders glaube ich ein paar Worte hinzufügen zu dürfen. Durch manche Belehrung und manche Aushülfe in botanischer Literatur war mir J. Lüders behülflich, für meine Person die Lücke, welche sich in dieser Richtung in Kiel findet, auszufüllen. Ausserdem bin ich so häufig Zeuge ihrer Untersuchungen gewesen, dass es meine Pflicht ist mich zu äussern.

Ich gestehe, dass mir das Thema der Untersuchung ursprünglich unerwünscht war, weil die Irrthumsquellen und Schwierigkeiten dabei zu zahlreich schienen. Ich habe mich dann an den Präparaten der Verfasserin überzeugt, dass sie den Gegenstand in ungewöhnlichem Maasse beherrscht, da in bestimmter Frist mir in schönster Entwicklung vorgeführt werden konnte, was ich zu sehen wünschte. Die unglaubliche Fülle, mit der sich die verschiedenen Formen in den dafür bestimmten Präparaten entwickelt hatten, übte zunächst eine überzeugende Kraft auf mich aus. Das ganz unbekannte Gebiet der Vibrionen-Bildung (d. h. derjenigen Organismen, welche allgemein die Zoologen und Anatomen Deutschlands als Vibrionen bezeichnen), interessirte mich vor Allem. Präparate, wie sie die leider nicht ganz den vollen Eindruck wiedergebende Zeichnung Fig. 1, d darstellt, können an sich kaum Zweifel über eine Bezie-

hung zwischen Vibrionen und Mucedineen lassen. Es sind hier nur zwei Möglichkeiten: entweder setzen sich diese Körper vorzugsweise an Pilzfäden an, entleeren sie und vermehren sich auf ihre Kosten, oder sie entstehen aus ihrem Inhalt. Da sich nun in demselben Präparat die vollen Pilzfäden frei von Vibrionen finden, an den leeren die grösste Anhäufung derselben sich bemerkbar macht, falls sie nicht etwa gleich fortschwärmen, entspricht die letztere Möglichkeit dem Sachverhalt am meisten. Entscheidend ist dann die Beobachtung des Ausschlüpfens selbst, während ein entsprechendes Ansetzen freier Vibrionen an Pilzfäden nicht beobachtet werden wird. Ich habe an selbstgezogenem Penicillium glaucum einige Male in destillirtem Wasser die Versuche wiederholt. Da ich bei Zimmertemperatur operirte, ging die Erzeugung etwas langsam, so dass ich meistens nur Bilder wie Fig. 1, b erhielt, jedoch konnte ich das Hervortreiben und die Vermehrung der Vibrionen durch diesen Process deutlich beobachten. Die Geissel erkannte ich bei diesen Körnern nicht, auch blieben sie in der ersten Zeit hängen oder trieben ein wenig ab; an den beweglichen Vibrionen erkenne ich jedoch unzweifelhaft ein langes, an der Basis relativ dickes, in Spiral-Touren sich bewegendes Wimperhärchen.

Die frühere Annahme, dass die Vibrionen sich in sog. Vibrionen-Nestern bilden, ist an und für sich nicht unrichtig. Diese Nester sind entweder Vibrionenmassen, welche mechanisch von den Pilztheilen abgelöst sind, oder sie enthalten noch in sich die erzeugende Spore, oder auch es sind ruhende Vibrionen, die sich zu grösseren Haufen vermehrt haben.

Ich habe auch über die Erzeugung von Vibrionen im Blute Versuche gemacht. Eine doppelt U förmige Röhre ward einerseits mit etwas Wasser, andererseits mit Quecksilber gefüllt, zugeschmolzen und bei 140° C. gekocht. Dann ward der eine an der Lampe vorher erhizte Schenkel in das abgebundene Herz eines frisch getödteten Hundes gestossen, darin abgebrochen und nun durch Abgiessen des Quecksilbers aus dem anderen Rohr Blut eingesogen; alsdann wurden beide Enden wieder abgeschmolzen und der Apparat in die Brütmaschine gesetzt. Dies Blut enthielt, nachdem es drei Tage bei 40° C. gestanden hatte, Vibrionen in Bewegung, während andere Röhren, die in der Kälte standen, noch keine Belebung zeigten.

Ich wüsste zwar nicht, was gegen die Beweiskraft eines solchen Versuches geltend zu machen wäre, aber die Erfahrungen mit so

vielen ähnlichen Versuchen haben gelehrt, dass schliesslich doch auf solche Weise kein dauernder Erwerb zu gewinnen ist. Wenn man nun die Reihe der betreffenden Arbeiten mustert, wird sich dagegen ein anderes Resultat ergeben. Es findet sich, soweit ich sehe, die Beobachtung constant, dass nie Pilzkeimung, Hefebildung und Vibrionen sich zu gleicher Zeit an derselben Stelle progressiv entwickeln, sondern nur successive: die eine Form verschwindet und die andere tritt auf. Es berichten z. B. noch neuerdings Oehl und Cantoni in einer sehr sorgfältigen Arbeit [1]), dass in ihren Versuchen mit Bohnenextract stets nach der Vibrionenfauna eine Flora aufgetreten sei, bis zur Entwicklung von Pilzformen hinauf. Hoffmann [2]), der den Zusammenhang zwischen Hefe und Penicillium schon lange festhält, berichtet, dass die Hefe, trocken bis 150° erhitzt noch gähre, bis 215° erhitzt diese Eigenschaft verliere, dagegen auf der Oberfläche der Flüssigkeit das Häutchen baccilliformer Zellen erzeuge.

Es haben wohl alle Verhältnisse, von denen die Verfasserin spricht, mir in Präparaten vorgelegen bis auf die Versuche mit den verschiedenen Pilzarten; auch die Entwicklung von Hefe in geschlossenen Pilzfäden habe ich sehr schön gesehen, jedoch nicht die Entwicklung der Monaden verfolgt. Natürlich verkenne ich nicht, dass manche Unwahrscheinlichkeiten in der Mittheilung vorliegen, jedoch war ich nicht im Stande meine Einwendungen dagegen festzuhalten. Da alle Versuche mit der grossen Geduld, Ausdauer und Sorgfalt getrieben wurden, welche grade hier so unerlässlich ist, muss ich mich von der Wahrheit der Resultate soweit überzeugt halten, wie man sich überhaupt durch die Untersuchungen eines Anderen und Einzelnen Ueberzeugung verschaffen kann.

Es würde mich freuen, wenn durch diese Bemerkungen Fachmänner bewogen würden, auf der jetzt gewonnenen Basis die vorliegende Unsicherheit definitiv zu beseitigen.

---

1) Annali universali Vol. 196 S. 352 u. f. Riccerche sullo sviluppo degli infusori.

2) Compt. rend. 66. LXIII Nr. 22.

Beitrag zur Kenntniss der Miescher'schen Schläuche,

Von

Prof. W. Manz
in Freiburg.

Hierzu Fig. 5, Taf. XX.

Im Jahre 1859 sah ich zum erstenmal diese merkwürdigen, früher Miescher'sche oder Rainey'sche Schläuche genannten, jetzt mehrentheils für Psorospermienschläuche gehaltenen Gebilde im Cremaster eines hier geschlachteten Stiers, bald darauf in einigen in verschiedenen Häusern gefangenen Ratten und Mäusen. Da meine damaligen Untersuchungen, zu denen mich Professor Meissner veranlasste, mir aber keine weiteren Resultate brachten, als die von Hessling (Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie V. Bd. 2. und 3. H.) im Jahre 1853 veröffentlichten, so liess ich den Gegenstand fallen, der aber nach einigen Jahren doch wieder mein Interesse erregte. Im Winter 1865/66 herrschte in unserem benachbarten wildreichen »Mooswalde« ein grosses Sterben unter den dort gehegten Rehen, und da die Jäger ein besonderes epidemisches Agens als Ursache vermutheten, so wurde ein gefallenes einjähriges Reh zur Untersuchung auf die Anatomie gebracht. Als ich nun die Muskeln des sehr mageren Thieres voll von jenen Schläuchen fand, so glaubte ich eine Zeitlang in ihnen den tödtlichen Feind entdeckt zu haben, kam aber von meiner Vermuthung bald zurück, da ich in einem kurz darauf untersuchten zweiten Reh keine Schläuche, dagegen wie beim ersten eine ungeheure Menge Distomen in der Leber fand, welche hier in den zu kleinen und grossen Cavernen ausgedehnten

Gallenwegen sitzend, eine hochgradige Atrophie des Organs herbeigeführt hatten. Diese Thiere hatten also wohl den Tod des Wildes veranlasst, die Schläuche aber waren daran unschuldig. Die grosse Menge von letzteren aber, welche mir das erst untersuchte Reh geliefert hatte, bestimmte mich, nun meine Untersuchungen über ihre Structur und Vorkommen wieder aufzunehmen, die dann allerdings mit vielen durch meine sonstigen Berufsgeschäfte bedingten Unterbrechungen bis Anfang des letzten Winters fortgeführt wurden. Wenn ich nun im Folgenden mir einige Ergebnisse derselben zu veröffentlichen erlaube, obgleich es mir so wenig wie Anderen gelungen ist, eine vollständige Lösung der Frage über Entwicklung und Natur der räthselhaften Schläuche zu finden, so geschieht das, weil sich aus jenen doch vielleicht einige Anhaltspuncte für weitere Forschungen ergeben, für welche mir selbst aber mein jetziger Beruf die nothwendige Zeit nicht vergönnt. Ich werde mich einer Wiedergabe und Zusammenstellung des über denselben Gegenstand schon früher Veröffentlichten enthalten, insbesondere weil eine erschöpfende Darstellung doch noch nicht möglich ist, und werde mich auf Anführung dessen beschränken, was ich Neues gefunden zu haben glaube, oder was von meinen Beobachtungen mit dem bereits Bekannten in Widerspruch zu stehen scheint.

Zur Structur der Miescher'schen Schläuche.

Die allgemeine cylindrische Form derselben richtet sich in ihren kleinen Variationen vor Allem nach ihrer Grösse: die Grössenzunahme erfolgt offenbar von einem gewissen Entwicklungsstadium an fast nur im Längsdurchmesser, welcher auch demselben Durchmesser der Muskelfasern entspricht, in denen sie eingebettet sind; ihre Dicke ist dagegen nicht völlig durch diese bestimmt, sie sind oft schmäler, manchmal aber auch dicker als das betreffende Primitivbündel; Maasse werde ich unten beibringen.

Die Membran der Schläuche, oder diese im engeren Sinne, erscheint auch bei den grossen als eine sehr feine homogene Haut, welche den Inhalt ziemlich knapp umschliesst, und auf Druck bald schwerer bald leichter berstet. Ihre Festigkeit ist bei den kleineren Exemplaren entschieden geringer als bei den grossen. Einrisse erfolgen meistens in die Quere, doch vergrössern sie sich nie sehr, und auch die eingerissene Membran besitzt noch eine ziemliche Elasti-

cität. Eine Beobachtung, welche ich öfters an faulenden Schläuchen machte, lässt daran denken, dass die Membran grössere Poren besitzt, allein im frischen Zustande konnte ich auch mit starken Vergrösserungen Nichts davon bemerken. An Schläuchen nämlich, welche in faulendem Fleisch liegen oder bei welchen der Inhalt den körnigen Zerfall aufweist, sieht man nicht nur die Aussenfläche der Haut mit solchen Körnchen besetzt, sondern auch, wie diese aus dem Inhalt auch da, wo keine Zerreissung wahrzunehmen ist, durch dieselbe hindurchtreten; es können aber jene Körnchen auch durch die Zersetzung der Membran selbst entstanden sein.

Die kleineren Schläuche, wie ich sie namentlich im letzten Spätsommer in den Muskeln des Schweines fand, zeigten sich an beiden, oft auch nur an einem Ende zugespitzt (s. Fig. 5), und an diesen Stellen scheint die Membran von dem Inhalte sich etwas zu entfernen, wodurch sich dann zwei konische Räume bilden, in welchen keine nierenförmigen Körperchen, sondern nur die glänzenden Körnchen liegen.

Ein sehr wichtiger Charakter der Membran ist ihr Wimperbesatz, der zuerst von Rainey gesehen wurde. Derselbe ist aber gewiss nicht an allen Schläuchen vorhanden, sondern kommt nach meinen Erfahrungen nur den kleineren (jüngeren) zu; doch gebe ich zu, dass er leicht übersehen werden kann, da er sehr zarter, vergänglicher Natur ist, und desshalb bei der Isolirung der Schläuche aus den Muskelfasern leicht abgestreift wird oder zu Grunde geht, innerhalb derselben aber durch die Querstreifung der Muskelsubstanz verdeckt werden kann. Man hat übrigens in den Reagentien, welche die letztern hyalin machen, wie z. B. verdünnte Essigsäure und Alkalien vortreffliche Mittel, die Bewimperung innerhalb des Sarcolems alsbald sichtbar zu machen. Sie erscheint alsdann als ein zarter Saum, der die ganze Oberfläche des Schlauchs überzieht, an dessen Enden aber viel breiter ist, als an den mittleren Partieen, wo er durchschnittlich 0,009 Mm. misst. Wie Leuckart (Die menschlichen Parasiten, Bd. I, p. 239), so machte er auch mir mehr den Eindruck einer gestrichelten oder gespaltenen Cuticula, denn eines aus einzelnen Wimperhaaren bestehenden Ueberzugs; jedenfalls schliessen diese fast vollständig aneinander, und trennen sich wohl nur durch äussere Einwirkung z. B. Druck von einander. Bewegung der Wimpern habe ich auch an ganz frischen Schläuchen und auf dem erwärmten Objecttisch niemals wahrnehmen können.

Der Inhalt der Schläuche besteht aus einer homogenen, sehr

durchsichtigen, gallertartigen Grundsubstanz und den in sie eingelagerten bekannten nieren- oder bohnenförmigen Körperchen. Ausser diesen bekanntesten Formen fand ich auch halbmondförmig gekrümmte von ziemlich gleichmässiger Breite (0,0033 Mm.), jedoch mit zugespitzten Enden, ferner, aber seltener, grade Stäbchen, endlich auch runde Körperchen. Während jene Formunterschiede nicht eben wichtig erscheinen, haben die letztgenannten eine besondere Bedeutung, da sie die frühere Entwicklungsstufe der anderen darstellen. Untersuchte ich nämlich recht kleine Schläuche, wie ich sie im August v. J. im Schweinefleisch in der Regel, aber immer nur in geringer Anzahl fand, in verdünntem Glycerin oder im eigenen Muskelsaft, so waren von allen genannten Formen fast nur die, sonst seltenen, sphärischen zu sehen. Dieselben (Fig. 5 a), anfangs blass schwach granulirt, mit einem schwach contourirten Kern versehen, farblosen Blutzellen sehr ähnlich, änderten bald ihr Aussehen, indem an einer Stelle der Inhalt von der zarten, aber jetzt recht deutlich sichtbaren Membran sich zurückzog, kräftigere Contouren erhielt, während der vacuolenartige Kern ebenfalls deutlicher sich entwickelte (Fig. 5 b). Dieser Zustand dauert aber nur kurze Zeit, bald platzt die Membran, der wurstförmige Inhalt tritt aus, streckt sich etwas, und ist dann das bekannte nieren- oder bohnenförmige Körperchen geworden. Dieses entsteht also in einer Zelle, ist vielmehr der in bestimmter Form contrahirte Inhalt derselben. Es kann sich wohl kaum fragen, ob der eben beschriebene Vorgang seiner Befreiung ein normaler, seiner natürlichen Entwicklung angehöriger, oder ob er eine zufällige, durch äussere Einflüsse veranlasste, gewissermassen pathologische Veränderung der ursprünglichen Zelle ist. Für letztere Annahme möchte sprechen, dass die aus den Schläuchen ausgetretenen runden Körperchen irgendwie mechanisch beleidigt, oder von irgend welchem Reagens, besonders Wasser, berührt, sich besonders rasch, alle fast auf einen Schlag in nierenförmige verwandeln, während sie in Glycerin oder in Muskelsaft oder Blutserum sich länger erhalten. Häufig genug aber sieht man in den in ganz frischen Muskeln gelegenen Schläuchen ganz deutlich die nierenförmigen Gestalten, ja in grösseren sind die runden gewöhnlich sogar ein seltener Fund. In Bezug auf die Structur jener habe ich den früheren Beschreibungen, namentlich der von Hessling [1]) nicht

---

1) L. c. p. 197.

viel beizufügen. Der Kern, der wie dieser Autor bemerkt, allerdings mehr einer Zerklüftung des Protoplasma gleicht, muss doch wohl wegen der Rolle, die er bei der Theilung der Körperchen spielt, als ein solcher angesehen werden. Er ist ohne Zweifel ein Bläschen, meistens nur einfach vorhanden, und liegt in der Regel in der Mitte des Körperchens, näher an dessen concaver, als an dessen convexer Seite; andere kleinere vacuolenartige, oder auch wie Fettkörnchen aussehende Gebilde finden sich gewöhnlich in den Hörnern des Körperchens. Eine Membran scheint dieses nicht zu besitzen, denn wenn auch da und dort eine doppelte Contour sichtbar wird, so ist dies, wie bekannt, doch kein sicherer Beweis für jene, und wäre die Annahme einer solchen mit der oben beschriebenen Bildung des Körperchens nicht gut vereinbar. Weitere Structurverhältnisse vermochte ich auch mit stärkeren Vergrösserungen nicht zu entdecken. Schon Hessling hat Theilung der Körperchen betrachtet, und zwar, wie er sagt, sehr häufig. Ich habe davon einigemal, und auch wieder nur in kleineren Schläuchen folgende Phasen gesehen. Das Auftreten einer feinen Linie, die mitten durch den Kern zieht, in einem sonst nicht ungewöhnlich geformten Körperchen, bedeutet wohl eine Theilung des Kerns.

Ausserdem bemerkte ich, als letzte Stufe der Theilung, häufiger zwei mit ihren concaven Seiten aneinanderliegende Körperchen, welche an einem Ende noch zusammenhingen, deren jedes aber schon die völlig ausgebildete Nierenform hatte. Da an diesen Zwillingen Nichts von einer Membran zu sehen war, so muss ich annehmen, dass der Theilungsprozess nicht innerhalb der Zelle vor sich geht.

Besondere Aufmerksamkeit schenkte ich den Bewegungen der Körperchen, kam aber bald zu der Ueberzeugung, dass dieselben nur mitgetheilte sind, und zwar entweder durch directen Einfluss der Strömungen der flüssigen Medien, oder indirect durch die Molecularbewegung der kleinen glänzenden Körnchen veranlasst, von welchen einige durch unsichtbar feine Fäden mit den Körperchen zusammenhängen. Letzteres kommt besonders häufig bei den eben aus der Zelle ausgeschlüpften vor, zu deren Inhalt immer auch einige der kleinen Körnchen gehören. Diese letzteren, von Hessling als Fettkörnchen angesehen, sind auch innerhalb des Schlauchs in grosser Zahl sichtbar, ja ich fand manchmal in einzelnen Abtheilungen, namentlich den Enden desselben nur solche.

Die nun beschriebenen Gebilde sind innerhalb des Schlauchs in eine Grundsubstanz eingelagert, welche in einzelne Portionen getheilt im Geschlossenen fest aufeinandergedrückt sich gegenseitig abplatten, und dadurch polygonale Form annehmen, die aber vom Druck befreit, zu Kugeln sich ausdehnen, wie sie sich z. B. an Rissstellen der Schlauchmembran hervordrängen (Fig. 5*). Dieselben hängen übrigens auch so ausserordentlich zäh aneinander und sind kaum zu trennen.

Die Prüfung des Verhaltens des Schlauchinhalts gegen unsere gewöhnlichen Reagentien ergiebt eine Verdichtung desselben durch verdünnte Säuren, namentlich Chromsäure, wodurch nicht nur die nierenförmigen Körperchen festere Contouren gewinnen, sondern auch die Grundsubstanz verdichtet und dadurch undurchsichtig wird. Bei längerer Einwirkung von verdünnter Salz- oder Essigsäure erfolgt körniger Zerfall. Alkalien äussern einen rasch zerstörenden Einfluss, indem, wie Hessling bemerkt, jene Körperchen alsbald unsichtbar werden, oder, wie ich fand, theils sich auflösen, theils einen körnigen Zerfall erleiden. Es ist das um so auffallender, da die Schläuche doch innerhalb des Muskels in einer alkalischen Substanz sich befinden. Von den Färbemitteln wirkt Carmin langsam, und mehr auf die hyaline Grundsubstanz, wenig auf die Körperchen, während Jod diese sehr rasch intensiv gelb färbt; Zusatz von Jodschwefelsäure bewirkt keine Bläuung.

Vorkommen. Unter den Thieren, welche von anderen Beobachtern als Wirth der Psorospermienschläuche aufgeführt werden, habe ich sie beim Reh, Ochsen, bei der Maus, Ratte, beim Kaninchen, am häufigsten beim Schwein, niemals aber beim Menschen gefunden. Immer waren es die quergestreiften Muskeln, in denen sie hausten, nie fand ich sie in einem anderen Organe oder Gewebe, so eifrig ich auch suchte. Hervorheben möchte ich den Umstand, der uns auch oft genug bei den Trichinen begegnet, dass wie diese auch jene sehr häufig ganz nahe dem Sehnenansatz des Muskels liegen. Waren dieselben in grosser Zahl vorhanden, so konnte man sie, wie das z. B. bei dem erwähnten Reh der Fall war, fast in allen Muskeln treffen; bei spärlichem Vorkommen dagegen traf ich sie relativ am häufigsten in den muskulösen Bauchwandungen, vor allem im Zwerchfell, den M. transversi und obliqui abdom. dem Psoas, den Adductores femoris; nicht selten, wenn auch durchaus nicht immer, wie Ripping fand, lagen sie in den äusseren Augenmuskeln, der Zunge und

den Thoraxwänden. Besonders betonen muss ich, dass im Falle einer geringen Anzahl und unbedeutender Grösse der Schläuche es die unmittelbar unter dem Peritonealüberzug liegenden Fascikel der Bauchmuskeln und besonders des Zwerchfells waren, worin dieselben fast allein vorkamen. In der Zunge des jungen Rehs, welche voll davon war, fand ich einen kurzen Schlauch, dessen eines Ende bis in die untersten Lagen des Epithels hineinragte. Nicht unerwähnt will ich lassen, dass die Grösse und Zahl der Schläuche sehr häufig insofern in einem geraden Verhältniss zu einander standen, als die kleinsten von ein Viertel bis eine Linie Länge immer auch nur in wenigen Exemplaren, die grösseren bis zu zwei Zoll Länge meistens auch in grösserer Zahl in einem Thiere vorkamen.

Was die Zeit des Vorkommens anlangte, so kann ich aus meinen Beobachtungen keinen allgemeinen Schluss ziehen, da ich nicht ein ganzes Jahr hindurch ohne Unterbrechung meine Untersuchungen fortsetzen konnte, doch war mir auffallend, dass, nachdem ich in den ersten Monaten des verflossenen Jahres in Schweinen, deren ich im Ganzen wenigstens 150, und Ratten, wovon ich etwa 80 untersuchte, ziemlich häufige, im Sommer aber bis zum August keine Schläuche finden konnte. In den Monaten August bis October zeigten sie sich dann wieder in Schweinen, aber fast nur in kleinen und kleinsten Exemplaren. Ich bemerke, dass bei Weitem die meisten Schweine, welche hier geschlachtet werden, bei den Bauern aus der Umgegend gekauft sind, selten dagegen aus ausländischen Heerden oder grösseren Züchtereien stammen. Trichinen, auf welche man im vorigen Jahre zur Zeit des allgemeinen deutschen Trichinenschreckens auch hier etwas sorgfältiger fahndete, sind hier nicht gefunden worden, und mir selbst auch nicht vorgekommen. Einige Ratten, welche auf der hiesigen Anatomie von inficirten Kaninchen gefressen hatten, und voll von Trichinen waren, enthielten, wohl zufällig, keine Schläuche.

Selbstverständlich hat mich bei meinen Untersuchungen immer auch die Frage beschäftigt, welche alle Parasiten anregen, die Frage nach der Form und dem Wege der Einwanderung, sowie die nach der Entwicklung der Schläuche, die Auffindung früherer oder späterer Entwicklungszustände, deren Kenntniss zur Bestimmung ihrer Natur fast nothwendig vorausgesetzt wird. In Bezug auf diesen letzten Punct habe ich schon oben eingestanden, dass meine Bemühungen nicht von entscheidendem Erfolg waren, und kann mich desshalb auf eine einfache Angabe meiner in dieser Beziehung an-

gestellten Versuche beschränken; ich bin aber weit entfernt, diesen negativen Erfolgen einen zu grossen Werth beizulegen, da ich sehr wohl weiss, von wie mannigfaltigen, und oft so unbedeutend scheinenden Bedingungen, und manchmal zufälligen äusseren Umständen das Gelingen von dergleichen Experimenten abhängt.

Vor Allem brachte ich die Schläuche, theils isolirt, theils innerhalb der frischen Muskelfaser, in feuchte Erde, in Zuckerwasser, ich liess das Fleisch an der Luft und im Wasser faulen, ich trocknete parasitenhaltige Muskeln — alle diese Proceduren hatten fast denselben Erfolg, nämlich ein langsames oder rasches Zugrundegehen der Schläuche, oder vielmehr ihres Inhalts durch körnigen Zerfall, der meistens eintrat, bevor die Muskelfaser selbst ihre Structur völlig eingebüsst hatte. Die Form der Schläuche und wohl auch ihre Membran erhielt sich noch am längsten in rasch getrocknetem Fleisch und im abgeschlossenen, wenig feuchten Raum. Die Einwirkung des Wassers war immer eine rasch zerstörende. In reichlich schlauchhaltigem Rehfleisch, welches ich unter einer Glasglocke hatte faulen lassen, fand ich nach einigen Monaten noch Partieen von deutlich muskulärer Structur und in denselben einen Schlauch, dessen äussere Form noch wohlerhalten war, dessen Inhalt aus starklichtbrechenden Körnchen von 0,007 Mm. und hyalinen blassen Kugeln von durchschnittlich 0,01 Mm. bestand, welche sich an einigen Rissstellen der Membran vordrängten und offenbar der früher beschriebenen hyalinen Grundsubstanz angehörten. Während Virchow anderen Muskelparasiten gegenüber die Nichtübertragbarkeit der Psorospermienschläuche besonders betont, führt Leuckart (L. c. p. 240) einen Fall an, in welchem die Inficirung beim Schwein gelungen schien. Mir selbst wurde die Uebertragbarkeit wenigstens vom Verdauungscanal aus schon sehr zweifelhaft, nachdem ich die zerstörende Wirkung des Magensafts auf die Schläuche mehrfach erfahren hatte. Nichtsdestoweniger stellte ich mehrere Fütterungsversuche an, wozu ich Meerschweinchen, Ratten und weisse Mäuse benutzte. Tödtete ich das Thier wenige Stunden nach der Fütterung mit schlauchhaltigem Fleisch, so fanden sich im Mageninhalt noch Reste von Schläuchen, in den Muskeln aber Nichts davon, so wie auch in anderen Geweben, worunter ich namentlich die Darmwandungen sorgfältig untersuchte, Nichts.

Trotz der durchaus negativen Resultate der eben mitgetheilten Versuche, halte ich mich doch für berechtigt, auf obengestellte

Fragen eine, wenn auch noch hypothetische, Antwort zu geben. Was zunächst die Auffindung verschiedener Entwicklungsphasen betrifft, so habe ich die Parasiten zwar in keiner andern als der bekannten Schlauchform gefunden (Körnerhäufchen, wie sie Hessling (L. c. p. 197) im Herzfleisch fand, und in welchen er die Anfangsgestalten der Parasiten vermuthet, habe ich nicht gesehen), dennoch glaube ich die Identität oder wenigstens sehr nahe Verwandtschaft der in verschiedenen Thieren gefundenen Schläuche vorausgesetzt, verschiedene Altersstufen derselben annehmen zu dürfen, welche sich durch das Vorhandensein oder den Mangel eines Wimperkleides, durch das überwiegende Vorkommen von runden Zellen oder freien, nierenförmigen Körperchen im Inhalt, und die damit Hand in Hand gehende verschiedene Grösse unterscheiden.

Da, wie ich direct beobachten konnte, die bekannten nieren- oder bohnenförmigen Körperchen in den rundlichen Zellen sich entwickeln, und erst durch besondere Verhältnisse, seien es äussere Einflüsse oder ein gewisser Grad des Wachsthums sich daraus befreien, da ich ferner in einem nur $1/3'''$ langen Schlauch, einen der kleinsten die ich fand, nur jenen Zellen mit gleichmässig granulösem Inhalt begegnete, so ist wohl kein Zweifel, dass diejenigen Schläuche, in welchen diese rundlichen Zellen in überwiegend grosser Zahl vorkommen, jünger sind, als die, welche sehr viele freie nierenförmige Körperchen enthalten. Diese Schläuche waren aber gerade diejenigen, an welchen ich den Wimperbesatz nur wenigemal vermisste, während er bei den grösseren Exemplaren meistens fehlte, und zugleich wie schon oben bemerkt, die, welche die kleinsten Dimensionen besassen. Das Vorkommen des Wimperbesatzes bei jungen Schläuchen legt wohl die Vermuthung nahe, ob dessen Vorhandensein nicht etwa mit der Einwanderung derselben zusammenhänge, ob er dabei etwa als eine Art von Bewegungsorgan fungire? Wir wissen allerdings bis jetzt Nichts über die Form, in welcher das Eindringen in den Muskel geschieht, ob in der des später persistirenden Schlauchs, oder ob, wofür die eben erwähnte Hessling'sche Beobachtung zu sprechen scheint, der Schlauch sich erst secundär um ein Conglomerat einiger zuvor eingedrungener Inhaltskörperchen (Psorospermien), etwa der oben beschriebenen Zellen bildet. Für letztere Annahme kann ich keinen Beleg, für erstere allerdings nur einen einzigen Befund anführen. An einem der kleinsten Schläuche aus dem Zwerchfell des Schweins sah ich von einem Ende desselben einen Fa-

den ausgehen, welcher, etwa viermal so lang als der Schlauch, sich in gerader Richtung, parallel der Längsaxe des Primitiv-Bündels, durch die sonst ganz intacte quergestreifte Muskelsubstanz hinzog. Was ich anfangs für eine fadenförmige Verlängerung des Schlauchs gehalten hatte, erwies sich aber bei genauerer Betrachtung als eine schmale Spalte in der Muskelsubstanz, welche in der Nähe des Schlauchs am breitesten, sich dann mehr und mehr verschmälerte. Der Gedanke liegt wohl nahe genug, diese Spalte als die Spur zu betrachten, welche der Schlauch bei seiner Bewegung durch die Muskelfaser hinterlassen hatte, und welche hier ausnahmsweise sichtbar geblieben war. Ich gebe diese Erklärung jedoch mit allem Vorbehalt, da ich sonst nie etwas Aehnliches gesehen habe.

Wenn nun auch über das Eindringen der Parasiten in die Muskeln und die etwaige Fortbewegung in denselben noch keine klare Einsicht gewonnen werden konnte, so lassen sich, wie ich glaube, aus meinen Beobachtungen mit um so grösserer Sicherheit Schlüsse ziehen über die Wege der Einwanderung jener in das Wohnthier. Von besonderer Wichtigkeit in dieser Beziehung sind jedenfalls die Fälle, in welchen die Schläuche nur in geringer Anzahl und von geringer Grösse aufgefunden wurden. Diese Befunde zeigen zunächst eine grosse Analogie mit der Trichinose, so dass schon daraus die Vermuthung geschöpft werden kann, dass auch für die Schläuche oder deren Vorfahren vom Darmcanal aus der Eintritt in den Körper erfolgt, wobei natürlich andere Einwanderungswege nicht von vornherein ausgeschlossen sind. Das überwiegende, in manchen Fällen fast ausschliessliche Vorkommen der Schläuche in den die Bauchhöhle zunächst umschliessenden Muskeln, und zwar in deren innersten Schichten, von der Bauchseite des Zwerchfells so nahe dem Peritonealüberzug: das sind doch wohl Thatsachen, die obige Vermuthung fast zur Gewissheit erheben; eine vollständige würde natürlich nur dadurch hergestellt werden, wenn es mir gelungen wäre, die Schläuche oder Etwas ihnen Verwandtes im Lumen oder den Wandungen des Darmcanals zu entdecken; ich habe aber schon oben angegeben, dass dies nicht der Fall war. Ein Beweis gegen meine Annahme kann aber in diesem negativen Resultat selbstverständlich nicht liegen, so lange wir nicht die ganze Entwicklungsgeschichte der Schläuche kennen. Wohl scheinen auch einige fremde Beobachtungen aus neuester Zeit sehr angethan, diese Lücke meiner eigenen auszufüllen; ich meine das nun

auch durch E. Neumann[1]) bestätigte, schon früher von Klebs und Waldenburg behauptete Vorkommen von Psorospermien im Epithel des Kaninchendarms, ferner die Entdeckung von Leisering (Virchows Arch. Bd. XXXVII H. 2), welcher in Abscessen der Oesophaguswandungen eines Schaafs die Psorospermienschläuche in ungeheurer Menge fand. Gerade diese letzteren, den Fundstätten unserer Parasiten sonst fremde pathologische Veränderung der Schlundmuskeln, welche auf einen durch das Eindringen derselben veranlassten irritativen Process schliessen lässt, scheint mir besonders geeignet, die oben ausgesprochene Vermuthung zu illustriren. Als weitere Stütze für diese möchte ich endlich noch aus meiner eigenen Erfahrung das so sehr reichliche Vorkommen der Parasiten im Zungenfleisch, und besonders das einiger kleiner Schläuche unmittelbar unter dem Epithel der Zunge des Rehs anführen.

Wenn nun aber auch der Darmcanal, als die erste Station der Einwanderung der Parasiten in irgend einer Form mit Sicherheit betrachtet werden darf, so muss doch die Frage entstehen, ob nicht für den Transport derselben in andere Organe besondere Bahnen bestehen, ob nicht etwa die Blutgefässe als solche dienen. Ich habe auch auf diesen Punct meine Aufmerksamkeit gerichtet, aber nur einmal einen jungen Schlauch in unmittelbarster Nähe einer kleinen Arterie des Zwerchfells liegen sehen; ich bin also ausser Stande für einen etwaigen Transport durch das Blut, wofür das besonders von Hessling hervorgehobene Vorkommen der Schläuche an der Innenfläche des Herzmuskels der Wiederkäuer, in den sogenannten Purkinje'schen Fäden, zu sprechen scheint, einen Beleg beizubringen.

Vorstehende Mittheilungen enthalten lediglich die unmittelbaren Resultate einer Reihe von Beobachtungen über Structur, Vorkommen und Einwanderung der Miescher'schen Schläuche; absichtlich habe ich dabei vermieden, daraus nahe- oder fernliegende Schlüsse auf die Natur dieser immerhin noch räthselhaften Gebilde zu ziehen. Ich habe das unterlassen, einmal weil ich die bis jetzt vorhandenen

1) Dieses Archiv II. Bd. Heft 4.

Thatsachen zu einer Entscheidung dieser Frage noch nicht für reif halte, dann auch, weil, wie ich glaube, eine solche jedenfalls nur vom vergleichend-anatomischen Standpuncte aus erfolgen kann, der aber meinen jetzigen wissenschaftlichen Bestrebungen zu ferne liegt.

Freiburg, 2. April 1867.

Erklärung der Abbildung.

Die Fig. 5 Taf. XX stellt einen kleinen Schlauch aus dem Zwerchfell des Schweines dar, dessen Hülle an einer Stelle (*) eingerissen ist.

a. Körperchen der jüngsten Schläuche.

b. Zelle kurz vor dem Platzen der Membran.

c. Freie, nierenförmige Körperchen.

d. Körperchen in Theilung begriffen.

Ueber den Bau der Augenlidbindehaut des Menschen.

Von

Professor Dr. Ludwig Stieda
in Dorpat.

Hierzu Fig. 1—4 auf Taf. XX.

In dem jüngst erschienenen »Handbuch der Eingeweidelehre des Menschen« beschreibt Henle blinddarmförmige Drüsen in der Bindehaut der Augenlider. In der Absicht, aus eigener Anschauung die Drüsen, welche ich bisher nirgends erwähnt finde, kennen zu lernen, nahm ich die Untersuchung der Augenlider vor. Da aber die dabei gewonnenen Resultate nicht mit den Ergebnissen und Annahmen Henle's übereinstimmen, so übergebe ich sie hier der Oeffentlichkeit.

Die Beschreibungen, welche die Autoren von der Schleimhaut der Augenlider liefern, sind nicht völlig einander gleich: zur bessern Orientirung in der zu erörternden Frage stelle ich die Angaben einiger Autoren hier nebeneinander.

C. Krause (Handbuch der menschlichen Anatomie I. Bd. 2. Theil 2. Auflage Hannover 1842 p. 514) schildert die Tunica conjunctiva palpebrarum als röthliche, weiche, dünne und halbdurchsichtige Schleimhaut, welche einen deutlichen »Textus papillaris« besitze, dadurch eine sammtartige Rauhigkeit erhalte und auch mit kleinen Schleimdrüschen versehen sei. Diese Schleimdrüsen seien in der Umschlagsfalte der Bindehaut am grössten und zahlreichsten, gegen den Rand der Tarsi nur vereinzelt vorhanden, dagegen seien sie an der hintern Fläche der Tarsi nicht zu finden. Nach-

dem er angeführt, dass in der Umbeugungsstelle der Conjunctiva die Papillen hoch sind und einzeln stehen, sagt er: »hinter den Tarsi sind sie kleiner und stehen theils einzeln, theils zu gleich breiten und hohen Riffen verschmolzen.« Das Epithel wird ein gemischtes, theils aus Cylinderzellen, theils aus platten Zellen bestehendes genannt.

Gerlach (Handbuch der Gewebelehre des menschlichen Körpers 2. Auflage 1852 p. 471) sagt: »die Conjunctiva besteht aus einer Grundlage von geformtem Bindegewebe, welche von einer structurlosen Membran und Epithel überkleidet ist.« Das Epithel heisst es ferner, sei an der inneren Kante der Augenlidränder und an der Umschlagsstelle der Bindehaut geschichtetes Pflasterepithel, dagegen an dem Palpebraltheil Cylinderepithel. Die nur auf der Augenlidbindehaut stehenden Papillen nennt Gerlach rundliche und discret stehende Erhabenheiten. Die Schleimdrüsen der Conjunctiva seien zusammengesetzte und fänden sich nur in der Uebergangsfalte.

Auch Loewig (Beiträge zur Morphologie des Auges in »Studien des physiologischen Instituts zu Breslau,« Leipzig 1858 p. 130) spricht ebenso wie Gerlach der Conjunctiva ein Cylinderepithel zu.

Bei Leydig (Lehrbuch der Histologie, Frankfurt am Main 1857 p. 228) finde ich nur folgende Bemerkung: »die Conjunctiva der Lider hat den Charakter einer gewöhnlichen Schleimhaut, d. h. eine bindegewebige, in Papillen sich erhebende Grundlage mit Schleimdrüschen, Gefässen und Nerven, darüber ein geschichtetes Pflasterepithel.«

Kölliker (Gewebelehre des Menschen 4. Auflage, Leipzig 1863 p. 683) beschreibt das Epithel der Conjunctiva palpebrarum als geschichtetes mit länglichen Zellen in der Tiefe und vieleckigen, leicht abgeplatteten oben, und bezeichnet diePapillen als kleine walzenförmige oder grössere warzen- oder pilzförmige Bildungen. Diese hat Kölliker auch nur in der Uebergangsfalte gefunden.

Hessling (Grundzüge der Gewebelehre des Menschen, Leipzig 1866 p. 219) findet, dass die Bindegewebslage der Conjunctiva theils konische, theils cylindrische Papillenform und dass das Epithel ein geschichtetes, aus unteren länglichen und oberen abgeplatteten kernhaltigen Zellen aufgebaut sei. Diese werden in der Uebergangsfalte erwähnt.

Die Mittheilungen Frey's (Handbuch der Histologie und Histo-

chemie. Leipzig 1867 p. 695) sind ganz gleichen Inhaltes, wie die Kölliker's und Hessling's. Die untere Lage der Conjunctiva wird als gewöhnliches mit elastischen Fasern untermischtes Bindegewebe, an der Oberfläche konische oder cylindrische Papillen tragend, bezeichnet; die Epithellage bestehe aus geschichteten, abwärts abgeplatteten Zellen. Auch Frey kennt nur die Schleimdrüsen in der Uebergangsfalte.

Wie aus dem Angeführten hervorgeht, stimmen alle Autoren darin überein, dass die Augenlidbindehaut schleimhautähnlich sei, aus Bindegewebe bestehe, sehr mannigfach geformte Papillen besitze, von einem Epithel bekleidet sei, dass Schleimdrüsen nur in der Uebergangsfalte vorkommen. Nur in der Angabe des Epithels weichen Gerlach und Loewig als Vertreter des Cylinderepithels auf der Tarsalfläche von den andern genannten Autoren ab.

Diesem stehen aber nur die oben kurz erwähnten Mittheilungen Henle's vollständig gegenüber: Henle giebt an, dass die Conjunctiva palpebrarum nicht gewöhnliches Bindegewebe sei, sondern netzförmiges, in welches lymphkörperchenähnliche Zellen eingestreut seien (conglobirte Drüsensubstanz), dass schon beim Uebergang der Cutis in die Mucosa an der hinteren Kante der Augenlidränder die Papillen sich verlören und nur hie und da ohne die Ebenheit der Oberfläche zu stören auf dem Tarsaltheile gefunden würden, dass das Epithel ein geschichtetes Pflasterepithel, aus drei bis vier Lagen kleiner oben abgeplatteter Zellen bestehend, sei. Nun heisst es ferner: »die Oberfläche der Conjunctiva ist eben, aber von zahlreichen feinen Oeffnungen durchbohrt, die Mündungen einfacher blinddarmförmiger Drüsen, welche in der Dicke der Schleimhaut versteckt sind. Die Wand dieser Drüsen ist eine Ausstülpung der Basalmembran; ihre Auskleidung, ein regelmässiges Cylinderepithel, dessen schlanke, mit dem spitzen Ende gegen die Basalmembran gerichtete Zellen eine Höhe von 0,03 Mm. haben, sticht auffallend gegen das Epithel der freien Oberfläche ab. Einige dieser Drüsen stehen senkrecht zur Oberfläche, andere mehr oder weniger geneigt; darnach ist ihre Länge einigermassen verschieden. Ihre Entfernung von einander ist meist nicht viel grösser als der Durchmesser ihres Querschnittes.«

Die Frage, welche ich mir bei meinen Untersuchungen vorlegte war die: Giebt es derartige blinddarmförmige Drüsen in der Conjunctiva des Menschen?

Die Beobachtung der Augenlider an lebenden Menschen konnte hier nicht entscheiden, sie ergab das bekannte sammtartig glänzende Aussehn. Die mikroskopische Untersuchung musste allein Auskunft geben. Ich nahm sie vor an Augenlidern, welche ich entweder in Spiritus oder in einer wässerigen Schwefelsäurelösung erhärtet hatte, um sie schnittfähig zu machen. Die einzelnen Schnitte wurden zum Theil direct unter Glycerinzusatz untersucht, zum Theil erst durch Carmin imbibirt, und nachdem sie in concentrirter Essigsäure gelegen hatten, durch Kreosot durchsichtig gemacht und in Canadabalsam eingeschlossen. Die Schnitte wurden entweder senkrecht auf die Fläche der Augenlider gefällt oder in einer der Flächenausbreitung der Augenlider entsprechenden Richtung (Flächenschnitte).

Senkrechte Schnitte, einerlei ob der Länge oder der Breite der Augenlider entsprechend, trafen alle Schichten der Lider, zeigten daher im Tarsaltheil über einander die äussere Haut, Muskelfasern, den Tarsus mit den eingelagerten Meibom'schen Drüsen und die vom Epithel überzogene Schleimhaut. Das Gewebe des Tarsus erschien zusammengesetzt aus dicht verfilzten in mannigfachen Richtungen sich durchkreuzenden Bindegewebsbündeln. Das Tarsusgewebe war scharf abgegrenzt von dem Schleimhautgewebe. Die Schleimhaut erschien als ein ungefähr 0,124—0,166 Mm. breiter Streifen, welcher am freien Rand durch einen ziemlich grade hinziehenden Contour begrenzt war, woraus man schliessen durfte, dass die Schleimhaut hier keinerlei Unebenheiten zeigte, sondern eben sei. An der Schleimhaut liess sich deutlich unterscheiden: die bindegewebige Grundlage und das Epithel. Die bindegewebige Grundlage hatte das Aussehen der netzförmigen Bindesubstanz mit eingestreuten lymphoiden Elementen, (Henle's conglobirte Drüsensubstanz) und war in der oberflächlichsten Schicht zu einer homogenen elastischen Membran umgewandelt, welche von einem leicht welligen Contour begrenzt wurde. In der Uebergangsfalte, woselbst die Schleimhaut dem blossen Auge schon sichtbare Falten bildet, fand ich mitunter die durch Lymphkörperchen infiltrirte Bindesubstanz durch stärkere Bindegewebszüge von fibrillem Aussehen zu rundlichen oder länglich rundlichen Massen abgegrenzt (die sogenannten Trachomdrüsen oder Follikel der Autoren). Die Schleimhaut oder vielmehr deren bindegewebige Grundlage wird durch senkrecht oder schräg eindringende Einschnitte durchsetzt, welche bald mehr, bald weniger tief auch bis auf das Tarsalgewebe eindringen. Daneben finden sich rundliche oder in die

Länge gezogene Löcher oder Lücken im Gewebe. Diese Einschnitte und Lücken zeichnen sich durch ihre Epithelialauskleidung aus (Fig. 4 c und d). Die Epitheliallage der Schleimhaut verhält sich nur nicht überall gleich. Während dieselbe an der freien Oberfläche aus mehreren (drei bis fünf) Lagen Zellen von 0,007—0,011 Mm. Durchmesser besteht, von denen die untersten der homogenen Grenzmembran aufsitzenden mehr rundlich, die oberen mehr platt sind, so zeigt die Auskleidung sowohl der Einschnitte, als auch der Lücken ein sehr regelmässiges Cylinderepithel, meist nur eine einzige Lage deutlich kernhaltiger Zellen von 0,02 Mm. Höhe und 0,01 Mm. Breite (Fig. 4 c und d). An jener Stelle, an welcher die Einschnitte in das Gewebe eindringen, kann man sehen, dass das Cylinderepithel ziemlich plötzlich dem Plattenepithel der Fläche Platz macht. Sehr häufig (Fig. 4 d) traf ich an derartigen Schnitten Bilder, welche der von Henle gegebenen Zeichnung und Beschreibung vollständig und demnach tubulösen Drüsen wirklich glichen. Wollte man diese Bilder nun ohne Weiteres als Drüsen deuten, so könnte man freilich die Einstülpung der Basalmembran als Wand derselben auffassen und von einer besonderen Auskleidung mit Cylinderepithel reden, wie Henle es gethan. Die rundlichen (Fig. 4 c) oder länglichen Lücken, welche mit Cylinderepithel ausgekleidet, auch häufig in der Schleimhaut angetroffen wurden, gleichen freilich querdurchschnittenen Canälen und konnten jener Auffassung der Bildungen als Drüsen Vorschub leisten.

Sollten also wirklich tubulöse Drüsen in der Schleimhaut existiren und sollten alle Autoren, die bisher diesen Theil untersuchten, die Drüsen übersehen haben? Was sollte hier entscheidend sein?

Die endliche Entscheidung musste geliefert werden durch Flächenschnitte der Augenlider, wie sich dieselben an Chromsäurepräparaten ziemlich leicht darstellen liessen. Waren wirklich tubulöse oder blinddarmförmige Drüsen vorhanden, so musste ich auf Flächenschnitten ihre Querschnitte erhalten, d. h. Lücken mit Cylinderepithel ausgekleidet. Fand ich nicht derartige Bilder, sondern andere, so durften jene Bilder auf senkrechtem Schnitte auch nicht als Drüsen gedeutet werden, sondern mussten in anderer Weise aufgefasst werden.

Flächenschnitte der Bindehaut lieferten nun ein sehr prägnantes, meiner Ansicht nach die Frage nach den Drüsen ohne Widerspruch entscheidendes Bild. Ich fand nämlich (Fig. 2) viereckige,

rundliche oder unregelmässig geformte Massen der bindegewebigen Grundlage der Bindehaut umsäumt von Cylinderepithel, oder um es anders auszudrücken, ich fand das Schleimhautgewebe durchzogen von vielfach mit einander anastomosirenden Canälen, welche mit Cylinderepithel ausgekleidet waren. War der Schnitt mehr in die Tiefe gedrungen und nicht ganz der Fläche des leicht gekrümmten Augenlids entsprechend gefallen, so erhielt ich Bilder, wie die Fig. 1 eines darstellt. Hier erschienen die vom Cylinderepithel ausgekleideten Gänge nach den Seiten zu begrenzt, aber hie und da fanden sich auch rundliche bindegewebige Massen, welche vom Epithel umsäumt waren (Fig. 1, c). Das Cylinderepithel erwies sich dem oben an Querschnitten beschriebenen ganz gleich. Derartige Bilder (Fig. 1 und 2) lassen sich durch Annahme von Drüsen durchaus nicht erklären. Wie sind diese Bilder aber aufzufassen?

Meiner Ansicht nach kann man sich das verschiedene Aussehen der Schleimhaut auf senkrechten Querschnitten und auf Flächenschnitten erklären durch Annahme von zahlreichen, die Schleimhaut nach allen Richtungen durchsetzenden, sich vielfach durchkreuzenden, bald tiefern, bald seichtern, bald gerade, bald schräg in die Tiefe eindringenden, hie und da mit blinden Zipfeln endigenden Furchen oder Einschnitten. Alle diese Furchen oder Einschnitte sind nun mit Cylinderepithel ausgekleidet, während auf dem Niveau der Schleimhautoberfläche das Epithel aus rundlichen und platten Zellen besteht.

Will man die durch die Furchen und Einschnitte gebildeten mannigfachen Formen der Schleimhaut als Papillen bezeichnen, wie die meisten der citirten Autoren Krause, Gerlach, Koelliker es thun, so steht dieser Bezeichnung gewiss Nichts im Wege. Mit ganz gleichem Rechte kann man auch die Bindehaut in vielfache Falten zusammengelegt nennen.

Einerlei also, ob man hier von Furchen, Falten oder Papillen spricht, immerhin kann man dadurch eine richtige Vorstellung von der Anordnung der Bindehaut erhalten. Die Existenz von tubulösen oder blinddarmförmigen Drüsen muss ich in der Bindehaut des Tarsaltheils durchaus leugnen. Henle hat sich offenbar zur Annahme dieser Drüsen verleiten lassen durch Querschnitte der Schleimhaut, welche, wenn sie senkrecht über eine Furche hinwegfallen, ein gleiches Bild liefern werden, wie es eine der Länge nach durchschnittene

tubulöse Drüse darbietet. Darin aber hat Henle völlig Recht, dass in diesen Vertiefungen die epitheliale Auskleidung durch Cylinderzellen geliefert werde, welche von den rundlichen Zellen der übrigen Schleimhaut abstehen.

Die Eingangs berührte Differenz der Autoren in der Art der epithelialen Bekleidung der Bindehaut scheint darin eine befriedigende Lösung zu finden, dass bei Kindern, bei welchen die Unebenheiten der Bindehaut noch sehr wenig ausgeprägt sind, sich nicht derartige Unterschiede zwischen dem Epithel der Fläche und der Tiefe erkennen lassen, dass vielmehr die ganze Bindehaut des Tarsaltheils mit Cylinderepithel überzogen wird. Offenbar bildet sich in Folge der später stattfindenden Reibung das Cylinderepithel auf der Fläche zu Plattenepithel um, während es in der Tiefe ungestört sich erhalten kann.

Bei Gelegenheit dieser Untersuchungen konnte ich mich ferner überzeugen, dass die Schweissdrüsen der Hautplatten der Augenlider ihre charakteristische Knäuelform am Rande der Augenlider nicht mehr besitzen, sondern zu wenig gewundenen, verhältnissmässig weiten Canälen werden, welche mit einem gerade verlaufenden verengten Ausführungsgange in der Mündung des Haarbalgs eintreten. Mitunter fand ich eine solche Schweissdrüse dicht neben den Meibom'schen Drüsen. Auf diese eigenthümliche Form hat, so viel mir bekannt, Moll zuerst die Aufmerksamkeit gelenkt (Moll, Bemerkungen über den Bau der Augenlider des Menschen im Archiv für Ophthalmologie Bd. III, Berlin 1857 p. 259), doch finde ich sie sonst nicht erwähnt, Henle allein ausgenommen, welcher ihre Existenz gleichfalls bestätigt.

Krause's Schleimdrüsen in der Uebergangsfalte konnten auch leicht zur Anschauung gebracht werden, dagegen fand ich nichts von derartigen knäuelförmigen Drüsen, wie sie von Manz und andern bei Thieren gefunden und beschrieben sind.

Zum Schluss erwähne ich noch eigenthümlicher epithelialer Bildungen, welche sich mitunter äusserst zahlreich zwischen den Epithelialzellen der Bindehaut antreffen liessen (Fig. 2 die lichten Flecke). Es sind dieses (Fig. 3 c) rundliche Lücken von 0,015 Mm. im Durchmesser, seltener längliche 0,023 Mm. lang und 0,015 Mm. breit, welche einer stark bauchigen Flasche mit engem Halse zu vergleichen sind. Der enge zur freien Oberfläche gekehrte Hals mündet mit einer nur 0,0019 bis höchstens 0,0038 Mm. messenden Oeffnung

zwischen den Epithelialzellen, wie namentlich Flächenschnitte zeigen. Es sind diese Lücken von einem glänzenden, das Licht stark brechenden Contour umgeben, der an einer Stelle gewöhnlich am Boden der Ampulle verdickt ist. Fasst man diese Begrenzung als Zellmembran auf, so kann diese Verdickung gewiss als Kern gelten. Gewöhnlich fand ich die Ampullen leer, bisweilen mit einer granulirten Masse gefüllt. Es sind dies offenbar gleiche Bildungen, wie sie an der Schleimhaut des Darmcanals vielfach beobachtet worden, aber in der Epithelialauskleidung der Augenlidbindehaut noch nicht gesehen worden sind. Ohne mich hier auf die Frage nach der Deutung der Bildungen näher einzulassen, bemerke ich nur, dass ich weder der Ansicht Letzerich's beipflichten kann, wonach diese Theile Resorptionsorgane wären (Virchows Archiv Bd. XXXVII), noch der Meinung von Dönitz (Reichert's und du Bois Reymond's Archiv Jahrgang 1866 Ueber die Darmzotten), dass sie nichts weiter seien, als abgeplattete Epithelialzellen, welche behufs der Regeneration der Schleimhaut abgestossen werden. Ich muss mich eher der Meinung anschliessen, welche Schulze (Med. Centralblatt 1866) ausgesprochen hat, dass die von ihm sogenannten Becherzellen analog den einzelligen Drüsen vieler Thiere seien. Bekanntlich kennt man seit Leydig solche einzellige Drüsen — Schleimzellen — bei einer grossen Zahl von Wirbelthieren. Ich habe kürzlich dieselben Drüsenzellen in der Mundschleimhaut der Fische angetroffen (Horschelmann über die Zunge der Fische, Dissert. Dorpat 1866). Höchst wahrscheinlich dienen alle diese Bildungen nicht der Resorption, sondern der Secretion, man mag sie daher einfach als Schleimzellen bezeichnen und als schleimsecernirende einzellige Drüsen auffassen.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. XX.

Fig. 1. Flächenschnitt des oberen Augenlides des Menschen. Vergrösserung 80. (Glycerin-Präparat.)
a. Schleimhautgewebe.
b. Epithel.
c. Durchschnitt einer Erhebung der Schleimhaut (Papille).

Fig. 2. Flächenschnitt des unteren Augenlides des Menschen. Vergr. 80. (Glycerin-Präparat.)
a. Schleimhautgewebe.
b. Epithel; die hellen Flecke sind sog. „Schleimzellen.“

Fig. 3. Querschnitt aus der Uebergangsfalte. Vergr. 340. (Glycerin-Präparat.)
a. Schleimhautgewebe.
b. Zellen des Epithel.
c. „Schleimzellen.“

Fig. 4. Senkrechter Querschnitt aus der Schleimhaut des obern Augenlids. Vergr. 250. (Kreosot-Canadabalsam-Präparat.)
a. Schleimhautgewebe.
b. Epithelialzellen.
c. Querdurchschnittene Vertiefung.
d. Querdurchschnitt einer schräg eindringenden Furche.

Eine Gaskammer für mikroskopische Zwecke.

Von

Dr. S. Stricker.

Hierzu ein Holzschnitt.

Die Reactionen, welche sich durch die Einwirkung von Gasen auf lebende Formelemente erzielen lassen, schienen mir nach den ersten Mittheilungen von Recklinghausen[1]) über die Wirkung der Kohlensäure auf Froschblutzellen und mehr noch nach den Mittheilungen Kühnes[2]) über die Flimmerzellen von Anodonta-Kiemen so vielversprechend für den Fortschritt in der Erkenntniss des Lebensprocesses der Elementarorganismen, dass ich es nicht unterlassen konnte, die vorhandene Methodik der Untersuchung aus eigener Anschauung kennen zu lernen. Zufällig kam ich auch in die glückliche Lage über eine Anzahl von Geissler geblasener Gaskammern zu verfügen und so wollte ich mich denn ohne Weiteres an das Werk machen.

Ich habe indessen sehr bald erfahren, dass mein Mühen vergeblich sei. Ich wollte Blut untersuchen, welches mir eben nur in kleinen Tröpfchen zur Verfügung war, und ich konnte nicht errathen, wie ich ein einziges Tröpfchen in der besagten Kammer kunstgerecht unterbringen sollte. In der Verdünnung mit halbprozentiger Kochsalzlösung oder mit Serum gelang das allerdings, aber ich befand mich dabei erstens in einem unreinen Versuche, wenn

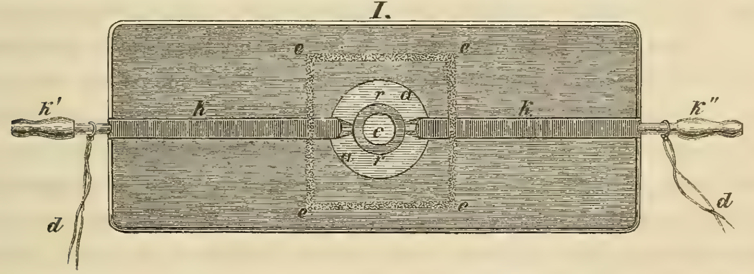
1) Dieses Archiv Bd. II, p. 137.

2) Dieses Archiv Bd. II, p. 373.

ich das Blut früher verdünnte, und zweitens liess die Untersuchungsmethode immer noch sehr viel zu wünschen übrig. Das Warum brauche ich kaum zu erörtern, für alle diejenigen, welche mit der Kammer unter starken Vergrösserungen gearbeitet haben; es wird hinreichen auf die Sicherheit der Untersuchung aufmerksam zu machen, die der einfache ebene Objectträger mit ebenem Deckgläschen namentlich für starke Linsen bietet, gegenüber der Unsicherheit, welche die unebene Lage der Kammer, die unebene Decke derselben und endlich die gekrümmte Ebene als Unter- oder Ueberlage des Objects mit Rücksicht auf die Untersuchung bei kleiner Focaldistanz in sich bergen. In der Technik für die Untersuchung des Blutes muss es besonders hoch angeschlagen werden, entweder ein einziges Blutkörperchen fixiren zu können, oder sich der Lage einer Anzahl von ihnen bewusst zu werden, um sie vor und nach der Einwirkung vergleichen oder dauernd betrachten zu können, ohne von unerwünschten Vorgängen unter dem Mikroskope gestört zu werden. Auf dem Objectträger erreiche ich solchen Zweck durch eine vorsichtige Drainage (vide Wiener Sitzungsb. Bd. LV), eine Methode, die unter der obenerwähnten Gaskammer nicht practicabel ist.

Ich habe daher den gewöhnlichen Objectträger zur Gaskammer umzugestalten gesucht und der hat nun durch die exacte Ausführung des Herrn Mechanikers Rüprecht in Wien eine Form angenommen, die so sehr unseren Anforderungen entspricht, dass ich ihn ausführlich beschreiben will.

I.



In die Mitte eines aus dickem Spiegelglase geschnittenen Objectträgers wird eine kreisförmige Rinne (r r) eingeschliffen; von dieser Rinne aus wird nun weiter von zwei diametral gegenüberstehenden Polen derselben je ein Halbcanal geschliffen, so dass beide in eine gerade Linie zu liegen kommen, und der ganzen Längenmittellinie des Objectträgers entlang laufen mit Ausnahme der Stelle, wo die Kreisrinne ist und mit welcher die Halbcanäle communiciren.

In jeden Halbcanal wird eine metallene Canüle (k_1 k_2) eingekittet welche einerseits an die Rinne anstösst, und andererseits um einige Linien über den Rand des Glases vorragt. Ueber den ganzen Objectträger wird nun ein Blatt Staniol oder Papier mit einem centralen Ausschnitte (a a) gekittet, oder eine Schichte Lack aufgetragen und eine aa entsprechende Stelle freigelassen. Das Staniol wende ich nur an, wenn der Objectträger nicht gleichzeitig als Stromgeber dienen soll; denn für solche Fälle hänge ich die Drähte des Inductionsapparates (d d) an die Canülen k_1 k_2 und diese mit Lack eingekitteten Canülen, die man für wichtige Arbeiten allenfalls aus Platin machen kann, leiten den Strom bis an die Rinne, wo dann die Leitung theils durch Salzlösungen, theils durch das feuchte Gewebe, welches untersucht werden soll, hergestellt wird. Der Staniolüberzug würde beide Canülen metallisch verbinden und das Gewebe bliebe vom Strome unbeeinflusst. In solchen Fällen nun bediene ich mich der mit Lack überzogenen Objectträger, die aber sonst, wegen des häufigen Abspringens des Ueberzuges nicht zu empfehlen sind. Den Ueberzug mache ich so dick, als es das zu untersuchende Object erlaubt oder wünschenswerth macht; denn das Object, oder sagen wir gleich, ein Tropfen frischen Blutes, wird auf den Objectträger bei c hingelegt und mit einem Deckgläschen eingedeckt. Der Ueberzug aus Lack oder Papier ist nun der Wall um das Object nicht zu drücken; man kann ihn ganz weglassen, wenn am Drucke nichts gelegen ist, man kann ihn durch dünne Schichten Asphaltlack einer oder mehreren Lagen von Blutkörperchen eben accomodiren.

Wenn das Object eingedeckt ist, trockne man die Ränder des Deckgläschens mit Fliesspapier ab, und bestreiche diese mit bis zum Flüssigwerden erwärmtem Talg. Der Talg schmilzt bei niederer Temperatur, das Object im Centrum c leidet daher gar nicht, wenn man die flüssige Talgschicht ringsum (e, e, e, e,) aufträgt. Der Talg erstarrt rasch, das Deckgläschen ist nun fest an das Staniol oder den Lack geheftet, und das Gas, welches man jetzt durch die Canüle k_1 zuleitet wird die Kreisrinne passiren und auf der anderen Seite (k_2) entweichen.

Man hat nun einen Objectträger in Händen, der ganz nach Comfort dirigirt werden kann. Das Object ist mit einem dünnen Deckglase bedeckt und ist daher mit all den Mitteln und all der Sicherheit zu untersuchen, die uns jetzt überhaupt zu Gebote stehen.

Ich habe mich hinreichend davon überzeugt, dass das Gas,

während es strömt, das auf c liegende Object kaum erschüttert, indem es sich an die Kreisrinne hält, die Flüssigkeit, welche es da allenfalls antrifft, durchbricht, so dass nur die den Rändern der Rinne naheliegenden Objecte von jeder durchtretenden Blase einen geringen Stoss erleiden.

Dasselbe Rohr, welches Gas leitet, kann auch zur Drainage für tropfbare Flüssigkeiten verwendet werden; man braucht nur das an k_1 oder k_2 angesetzte Cautschoukrohr in die betreffende Flüssigkeit zu tauchen und an dem correspondirenden Cautschoukröhrchen der anderen Seite zu saugen. Es steht übrigens für solche Zwecke noch die Wahl offen, noch eine Anzahl Rinnen, welche mit der Kreisrinne communiciren, in das Glas schleifen zu lassen, Metallröhrchen einzukitten und diese durch Cautschoukröhrchen mit verschiedenen Flüssigkeiten in Verbindung zu setzen. Bei zweckmässig angebrachtem Schliessen werden Druck oder Saugvorrichtungen ziemlich reiche Combinationen gestatten.

Der Objectträger, wie ich ihn hier geschildert habe, giebt an und für sich eine bequeme feuchte Kammer ab. Das durch Talg angeheftete Deckglas schützt hinreichend vor Verdunstung und die Röhrchen gestatten dennoch einen gewissen Grad von Circulation der Luft. Wem es um diese nicht zu thun ist, wer überhaupt nur die Flüssigkeit unter dem Deckglase unverändert erhalten will, der nehme einen gewöhnlichen Objectträger, decke das Präparat lege artis ein, und streiche rings um die Ränder des Deckgläschens einen Tropfen Oel. Unter einem solchen Oelverschlusse habe ich viele Stunden hintereinander bei einer Temperatur von 40—42° gearbeitet, ohne dass eine Luftblase unter das Deckgläschen getreten wäre, um so die Untersuchung zu trüben.

Bei Blutuntersuchungen, wo das Material, wie z. B. in der medicinischen Praxis sehr kostbar sein kann, soll man eine solche Vorsichtsmassregel ja nicht unterlassen. Wenn das Bluttröpfchen so klein ist, dass es sich nicht unter die ganze Fläche des Deckglases ausbreiten kann, dann fliesst das Oel unter das Deckglas so lange bis es an das Blut gelangt; das schadet dem letzteren aber gar nicht, es sieht das Präparat nur weniger schön aus.

Wem es darauf ankommt eine grössere Kammer zu haben, der kann sich auf seinen Objectträger einen beliebig dicken Wall aus Asphalt machen. Auf diesem haftet das Deckglas sehr gut, und die Handhabung des Oeltropfens ist in solchem Falle überaus

leicht. Für die Untersuchungen auf dem gewärmten Objecttische kann ich die Anwendung des Oels nicht genug empfehlen, denn man arbeitet damit sehr leicht und sehr sicher. Keiner der Stürme, wie sie Max Schultze in seiner ersten Mittheilung über seinen heizbaren Objecttisch schildert, stört die Ruhe der kleinen Welt, trotz der 40° C. da das Wasser nicht verdampfen kann, und doch hat man einen einfachen Objectträger in Händen mit dem man in gewohnter Weise operiren kann.

Wenn ich mit der Gaskammer arbeite, so führe ich das ableitende Cautschoukröhrchen unter Wasser, weil dann die aufsteigenden Gasblasen den Gang des Gases am sichersten erkennen lassen. Wenn ich Kohlensäure anwende, dann setze ich dem Wasser einige Tropfen Lacmustinctur zu und ich habe sogleich ein beiläufiges Bild von dem Grade der Reaction in der Kammer.

Bemerkungen über Bau und Entwickelung der Retina.

Von

Max Schultze.

In den Angaben über die embryonale Entwickelung der Stäbchen- und Zapfenschicht der Retina besteht eine Differenz, welche mich veranlasst hat, diesen Vorgang einer wiederholten Beobachtung zu unterwerfen. Die Verschiedenheit ist eine nicht unwesentliche, eine Ausgleichung derselben mir aber um so wünschenswerther, als meinen Angaben die eines so ausgezeichneten Beobachters wie Hensen gegenüberstehen. Wir differiren in folgender Hinsicht. Nach Hensen entstehen die Stäbchen und Zapfen mit dem Pigment zusammen aus dem äusseren Blatt der primären Augenblase, und verbinden sich nachträglich mit den aus dem inneren Blatt hervorgegangenen übrigen Retinaschichten. Meinen Beobachtungen zufolge wachsen die fraglichen Gebilde aus dem inneren Blatt hervor dem Pigment entgegen und sonach in das äussere Blatt hinein. Hensen's Ansicht schliesst sich an diejenige von Huschke, Schöler und A. Müller[1]) an, welche das äussere Blatt der primitiven Augenblase zur Schicht der Stäbchen und Zapfen werden lassen, während die meinige mehr mit Remak's Angabe übereinstimmt, welche jedoch darin abweicht, dass nach ihr die ganze Chorioides aus dem äusseren Blatt ihren Ursprung nimmt. Kölliker und Babuchin rectificirten dann später Remak's Angabe dahin, dass von der Chorioides nur das sogenannte Pigmentepithel der primitiven Augenblase entstamme, was durch Hensen und mich bestätigt wurde. Ueber die Entwicklung der Stäbchen und Zapfen stellte Kölliker keine Beobachtungen an, während Babuchin diese

1) Vergl. dieses Archiv Bd. II, p. 237 und Kölliker Entwickelungsgesch. p. 284.

Gebilde aus der äusseren Körnerschicht hervor und in das Pigment hineinwachsen lässt [1]), wie meine Beobachtungen bestätigen.

Ich würde nach Publikation der Babuchin'schen Abbildung der Retina einer jungen Froschlarve (Würzburger naturwiss. Zeitschrift Bd. IV, Taf. I, Fig. VII) und meiner zusammenhängenden Beobachtungsreihe betreffend die Entwickelung der Stäbchen und Zapfen beim bebrüteten Hühnchen (dieses Archiv Bd. II, p. 236 Taf. VIII und IX) die Angelegenheit für vorläufig erledigt halten [2]), wenn nicht Hensen ganz neuerlich in seinem Aufsatze »Ueber den Bau des Schneckenauges etc.« (dieses Archiv Bd. II, p. 421 und 422) sich mit nicht zu unterschätzenden Gründen ausführlicher für die schon früher von ihm für wahrscheinlich erklärte Bildungsweise der Stäbchenschicht ausgesprochen hätte, nach welcher die Stäbchen und Zapfen aus der gleichen embryonalen Grundlage wie das Pigment, welches sie später einscheidet, entstehen, also aus dem äusseren Blatt der primären Augenblase. Hensen geht an diesem Orte auf Babuchin's Beobachtungen am Frosch nicht ein, die meinigen über das Hühnchen aber konnten ihm noch nicht bekannt sein, da sein Manuskript vor der Ausgabe meiner Abhandlung abgesandt wurde. Dass ihn die letztere aber nicht überzeugt hat geht aus einer nach Kenntnissnahme meines Aufsatzes von ihm der Correctur des seinigen hinzugefügten Anmerkung (l. c. p. 422) hervor, welche lautet: »Auch den abweichenden Angaben von M. Schultze gegenüber muss ich daran festhalten, dass die äusseren Glieder der Stäbchen sich aus den Pigmentzellen entwickeln.«

Auf die Trennung von Innen- und Aussenglied bei der Entwickelung der Stäbchen ist bis jetzt Niemand eingegangen. Auch meine Darlegung des Entwickelungsganges der genannten Gebilde nimmt keine genügende Rücksicht auf die beim Erwachsenen so deutliche Grenzlinie zwischen beiden Theilen. Aus dem meines Erachtens allerdings unwiderleglich von mir geführten Beweise, dass die erste Entstehung der Stäbchen vom inneren Blatte der primären Augenblase ausgehe, sowie aus Babuchin's Angaben geht noch nicht mit Nothwendigkeit hervor, dass das ganze Stäbchen also

1) Vergl. dieses Archiv Bd. II, p. 244.

2) „Zur Entwickelungsgeschichte des Auges der Fische" sind neuerdings Beobachtungen von Schenk veröffentlicht worden (Sitzungsber. d. Academie zu Wien 1867), welche sich mit Rücksicht auf die Stäbchen und Zapfen an Babuchin und mich anschliessen, wie ich hier nachträglich hinzufüge.

namentlich das Aussenglied desselben, dem gleichen Entwickelungsmodus folge. Wenn ich also die Frage nach der Entstehung des Innengliedes allerdings als erledigt betrachten muss, insofern es sich um die Bestimmung handelt, ob aus dem äusseren oder inneren Blatte der Augenblase, so muss ich die Berechtigung der Frage zugeben, ob nicht für das Aussenglied eine neue Complication hinzutrete, und ob nicht, wie Hensen will, das äussere Blatt die Aussenglieder liefere. Viel Wahrscheinlichkeit möchte ich zwar dieser Complication nicht zusprechen, wenn auch die Verschiedenheiten in der Function zwischen Aussen- und Innenglied der Stäbchen möglichst gross wären. Denn Babuchin's citirte Abbildung der Retina der Froschlarve zeigt die allmählige Zunahme der Länge der Stäbchen von der ora serrata bis zum Augenhintergrunde in continuirlicher Reihe, und an letzterem Orte sind die Stäbchen viel zu lang als dass nicht schon das Aussenglied einen erheblichen Theil derselben ausmachen müsste, wenn auch die Grenzlinie desselben gegen das Innenglied an der Zeichnung fehlt, welche sich an erhärteten Präparaten bekanntlich leicht verwischt. Und für das Huhn ist meine auf p. 242 und 243 Bd. II d. A. gegebene Darstellung der Entwickelung innerhalb der Zeit vom 18. bis 21. Tage der Art, dass auch kaum eine Aussicht bleibt die definitive Gestalt der Stäbchen und Zapfen anders als durch allmähliges Auswachsen zu erklären. Welche Schwierigkeiten endlich bietet, in Betracht des Entwickelungsmodus der Innenglieder aus der äusseren Körnerschicht und des späteren innigen Zusammenhanges von Innen- und Aussengliedern, die Annahme, dass die letzteren selbstständig in dem äusseren Blatt der primären Augenblase entständen und ein jedes sein Innenglied fände, um mit demselben zusammenzuwachsen!

Ich stellte also eine neue Reihe von Beobachtungen an und wählte zu denselben besonders Säugethiere, namentlich Katze und Kaninchen. Die Entwickelung der Stäbchen und Zapfen fällt in eine Zeit, in welcher die der übrigen Schichten der Retina schon weit vorgeschritten ist, speciell bei den genannten Thieren tritt sie erst nach der Geburt ein. Ich habe dies bisher unbekannte Verhalten, dass bei blindgebornen Säugethieren, wie Katze und Kaninchen die Retina bei der Geburt der Stäbchenschicht noch gänzlich ermangelt, die Bildung derselben aber in den ersten Tagen nach der Geburt eintritt, bereits Bd. II dies. A. p. 246 beschrieben. Das Hervorwachsen der Stäbchen geschieht, wie dort angegeben ist, ganz

ähnlich wie beim Huhne auf der Oberfläche der m. limitans externa. Ich habe zunächst mit Rücksicht auf Hensen's Angabe (dies. A. Bd. II, p. 422), dass man an erhärteten Augen neugeborener Kätzchen eine radiär gestrichelte Masse als innerste Abtheilung der Pigmentzellen wahrnehmen könne, welche aus Stäbchen bestehe, die Augen einer Anzahl neugeborener und in den ersten Tagen nach der Geburt stehender Kätzchen und Kaninchen noch einmal genau durchmustert, indem ich die Retina und die meist an der Chorioides haften bleibende Pigmentschicht jede für sich von verschiedenen Gegenden des Auges in Glaskörperflüssigkeit in situ und nach dem Zerzupfen mit sehr starken Vergrösserungen untersuchte. Ich muss hiernach meine erstgenannte Behauptung aufrecht erhalten, dass die neugeborenen genannten Thiere noch keine Stäbchen, weder auf der limitans externa noch in der Pigmentschicht besitzen. Die radiär streifige Masse, welche Hensen sah, kann also wohl nur auf einer streifigen Anordnung der Pigmentkörnchen im inneren Theile der Pigmentzellen hergerührt haben, wie eine solche in den späteren Pigmentscheiden vorkommt.

Das erste Auftreten von Stäbchen beobachtete ich wie früher um den vierten Tag nach der Geburt, indem um diese Zeit sich deutlich kleine dichtstehende Höcker auf der bis dahin vollständig glatten limitans externa erheben. Meine grösste Aufmerksamkeit war nun auf das Erscheinen der Aussenglieder gerichtet. Am fünften bis sechsten Tage waren die Stäbchen als kurze blasse Stiftchen auf der limitans externa entwickelt. Bei mehreren derselben war eine glänzende äussere Partie von sehr geringer Länge zu bemerken, welche aus zwei oder drei Plättchen bestand, die ohne Zusatz von Reagentien scharf begrenzt hervortraten. Unzweifelhaft hatte die Entwickelung der Aussenglieder eben begonnen, sie war aber noch nicht an allen Stäbchen sichtbar. Ich löste nun vorsichtig grössere Lappen des an der Chorioides sitzenden, zum Theil farblosen Pigmenthäutchens ab und zerlegte dieselben durch Zerzupfen mit Nadeln. Nirgends fand sich hier eine Spur stäbchenartiger Gebilde.

Um die Zeit des achten bis neunten Tages, kurz bevor und wenn die Augenlieder sich öffnen, stellen die Stäbchen immer noch sehr kurze, dünne Stiftchen dar von grosser Zartheit, denen die eigenthümliche Starrheit der pallisadenförmig nebeneinander stehenden Stäbe des erwachsenen Thieres gänzlich abgeht. Es sind wesent-

lich die Aussenglieder, welche in ihrer Entwickelung noch sehr zurückstehen. Dieselben boten um die gedachte Zeit an den Stellen, wo ich sie maass, die Länge von höchstens 4 Mik. und bestanden aus vier oder fünf Plättchen, deren Dicke ungefähr 0,8 Mik. betrug, also etwa mit derjenigen übereinstimmt, wie ich sie vom erwachsenen Meerschweinchen angegeben habe (dies. A. Bd. III, p. 228).

Die Aussenglieder nehmen nach dieser Zeit an Länge und an Dicke bedeutend zu. Bei der noch nicht ganz erwachsenen Katze fand ich sie 17 Mik. lang. Die Dicke der Plättchen aber bleibt wesentlich dieselbe wie bei dem ersten Auftreten der Aussenglieder.

Ganz analog verläuft die Entwickelung der Stäbchen beim Kaninchen. Am dritten Tage nach der Geburt sieht man die winzigen halbkugligen Hervorragungen auf der limitans externa, aus welchen die Stäbchen hervorgehen, am achten Tage sind dieselben zu feinen fadenförmigen Bildungen ausgewachsen, an denen immer, selbst in humor vitreus und sofort nach dem Tode Verbiegungen und unregelmässige Anschwellungen zu sehen sind, welche auf die äusserste Zartheit der jungen Stäbchen deuten. Die Aussenglieder sind durch ihren Glanz von den Innengliedern unterschieden und zeigen bei den ersten Graden eintretender Quellung sehr deutliche Plättchenstructur, durch welche sie sich von den Innengliedern scharf absetzen. Die Zahl der Plättchen beträgt in dieser Zeit vier bis sechs, während beim erwachsenen Thier auf eine Länge des Aussengliedes von 24 Mik. etwa 30 Plättchen kommen. Auch hier fand ich wie bei der Katze, dass die Dicke der Plättchen im Jugendzustande nicht merkbar differirt von derjenigen der Plättchen des ausgewachsenen Thieres.

In dem Pigmentstratum, welches aus dem äusseren Blatte der Augenblase hervorgeht, habe ich auch beim Kaninchen nie eine Spur sich entwickelnder stäbchenartiger Gebilde gesehen. Auch fiel mir auf, dass die jungen Aussenglieder so fest an den Innengliedern haften, dass ein Abbrechen derselben, wie dies im erwachsenen Zustande so gewöhnlich die Folge mechanischer Insulten ist, nicht vorkommt, wenigstens von mir nie beobachtet wurde, wesshalb ich nie beim Zerzupfen der Retina so junger Kaninchen, wie ich sie oben beschrieb, in der umgebenden Flüssigkeit frei schwimmende Aussenglieder bemerkte. Dieser Umstand ist jedenfalls von hervorragender Wichtigkeit bei Beurtheilung der Frage nach dem Her-

kommen der Aussenglieder. Wenn sie aus dem Pigmentstratum stammten und erst später eine Verbindung mit den Innengliedern eingingen, müsste man erwarten, dass anfänglich die Verbindung beider eine lockerere sei, während gerade das Umgekehrte stattfindet, indem die leichte Trennbarkeit von Aussen- und Innengliedern, welche an jeder frischen Retina erwachsener Thiere sich vorfindet, erst während der späteren Entwickelung eintritt.

Hiernach betrachte ich die Frage nach dem Herkommen der Aussenglieder für entschieden, Alles spricht dafür, dass sie durch eine allmählige Verlängerung der Innenglieder, somit durch Hervorsprossen aus dem inneren Blatt der primären Augenblase ihren Ursprung nehmen.

Mit Rücksicht auf die Entwickelung der Zapfen erweisen sich Katze und Kaninchen wenig günstig, da diese Elemente an Zahl und Grösse hier sehr zurücktreten. Ich habe daher die Beobachtungen am Hühnchen aus der Zeit des 16. bis 20. Tages der Bebrütung noch einmal wiederholt und dabei besondere Rücksicht auf das erste Auftreten der Aussenglieder genommen. Wie ich früher angegeben habe, bilden sich in den Zapfen, wenn sie bis auf eine gewisse Länge über die limitans externa hervorgewachsen sind, an ihrer Spitze kleine glänzende Kügelchen. Diese färben sich später roth und gelb und sind die bekannten farbigen Kugeln in der Spitze des Innengliedes. Zur Zeit ihrer ersten Entwickelung findet man viele Zapfen, über deren glänzende Kügelchen ein ausserordentlich kurzes konisches Spitzchen hinausragt. Ein bis zwei Tage später haben sich diese Spitzchen verdickt und verlängert und stellen die unverkennbaren Aussenglieder der Zapfen dar. Ihre Grösse ist immer noch sehr gering, wird aber einige Tage nach dem Auskriechen aus dem Ei schon bedeutend ansehnlicher angetroffen. Jedenfalls kann kein Zweifel darüber herrschen, dass die winzig kleinen Anfänge der Zapfenaussenglieder in Verbindung mit den Innengliedern entstehen, und dass sie sich in dieser Verbindung allmählig vergrössern. Es ist hiernach sicherlich kein Grund vorhanden, die Bildung derselben auf eine andere Weise zu erklären als die der Stäbchen-Aussenglieder, nämlich in unmittelbarer Abhängigkeit vom Innengliede.

Die innigere Verbindung, in welcher oft schon am Tage des Auskriechens bei Hühnern die Pigmentschicht mit der Stäbchen- und Zapfenschicht steht, ist erst die Folge des Ineinanderwachsens beider

Schichten, durch welches die Stäbchen und Zapfen der Art eingescheidet werden, dass später nicht nur die ganzen Aussenglieder, sondern selbst noch ein Abschnitt der Innenglieder von Pigment umhüllt ist. So betheiligt sich die Pigmentschicht allerdings in gewisser Weise an der Bildung der Stäbchen- und Zapfenschicht, insofern nämlich beide zu einer physiologisch untrennbaren Einheit zusammenwachsen. Aber in einer genetischen Abhängigkeit von einander stehen sie streng genommen nicht. Das Pigment ist ein Theil der Retina, insofern es aus der primären Augenblase hervorgeht und functionell zu den Stäbchen und Zapfen gehört. Aber die Verschiedenheit ist nicht zu unterschätzen, dass letztere aus dem inneren, die nervösen Elemente der Retina liefernden Blatte ihren Ursprung nehmen, ersteres aus dem äusseren Blatte der primären Augenblase entsteht.

So zwingend daher auch die Gründe sind in der Nomenclatur der Augenhäute die Veränderung einzuführen, die Pigmentschicht von der Chorioides zu trennen, worauf ich, Babuchin und Hensen aufmerksam gemacht haben: so wenig ist damit die Nothwendigkeit gegeben das Pigment als eine Schicht der Retina im engeren Sinne aufzuführen. Ist die primäre Augenblase auch ursprünglich ein untrennbares Ganzes, so sondert sie sich doch sehr früh in zwei in der weiteren Entwickelung durchaus verschiedene Blätter. Nur im inneren erhalten sich nervöse Elemente, dieses bildet die Retina in dem bisher gebräuchlichen Sinne. Das äussere Blatt geht seine besondere Metamorphose ein und wird zu einer Schicht von Pigmentzellen. In diese wachsen nachträglich die Stäbchen und Zapfen hinein. Die Entstehung der Chorioides ist durchaus unabhängig von dieser Pigmentschicht. Diese Sätze zu Grunde gelegt, gehört unzweifelhaft die Pigmentschicht mehr zur Retina als zur Chorioides. Aber es ist auch nichts dagegen einzuwenden bei Herzählung der Schichten die Pigmentschicht coordinirt als besondere Schicht zwischen Chorioides und Retina aufzuführen, eine Nomenclatur, welche dem Hergebrachten gegenüber am wenigsten Anstoss erregen dürfte. Wollte man aber die Verhältnisse der Nervenhaut des Auges der wirbellosen Thiere mit in Vergleichung ziehen, wie dies Hensen in der anregenden tabellarischen Uebersicht über die Theile der Augen aller Thierclassen (Bd. II dies. Archiv p. 424) gethan hat, so werden wir allerdings unweigerlich gezwungen, das Pigment ganz der Retina einzuverleiben.

Es bringt mich dies auf andere die Nomenclatur der Retinaschichten betreffende Differenzen, zumal auf Henle's neuesten Jahresbericht, in welchem der Verfasser seine Vorschläge zu Abänderungen der bestehenden Nomenclatur vertheidigt, zu deren Annahme ich mich nicht entschliessen konnte. Es ist immer ein eigen Ding mit der Einführung neuer Namen gegenüber alten Gewohnheiten. Conservativ zu sein, ist ein zu häufiger Fehler des reiferen Alters, als dass er nicht auf Entschuldigung oder milde Beurtheilung Anspruch erheben dürfte, und ich muss gestehen, dass ich schon desshalb und weil unleugbar die Nomenclatur der Retinaschichten von dem verstorbenen H. Müller mit viel Geschick festgestellt worden, auf eine weniger animose Entgegnung rechnete. Es mag sein, dass auch der »Geschmack« dabei in Betracht kommt (Henle p. 128), jedenfalls widersprach es dem meinigen und wäre geschmacklos gewesen, wenn ich, der ich den nervösen Character der Stäbchen und Zapfen sowie der mit ihnen zusammenhängenden Fasern und Zellen der äusseren Körnerschicht gegen Henle nachwies, eben diese nervösen Elemente einer inneren »nervösen Schicht *Henle*« als »musivische *Henle*« hätte gegenüberstellen wollen.

Ich sehe in dieser von Henle vorgeschlagenen Eintheilung der Retinaschichten in zwei Gruppen unter den angeführten Namen keinerlei Vortheil, dagegen viel Veranlassung zu Missverständnissen. Dies ist ohne viele Worte verständlich, denn es handelt sich nicht um die Rechtfertigung des Namens »musivische Schicht« wie Henle glauben machen möchte, indem er als Präcedenzfall zu seinen Gunsten das ebenfalls Nervenelemente bergende »Corti'sche Organ« anführt, sondern um den factisch nicht existirenden Gegensatz der musivischen zu einer »eigentlich nervösen Schicht.« Henle will auch, wie er sagt, »die Stäbchen und deren Adnexa nicht aus der Reihe der zum Nervensystem gehörigen Gebilde ausgeschieden« sehen, dennoch vermisst er scherzhaft grollend an meiner Schilderung derselben »das Einzige was für deren nervöse Natur Sicherheit gewähren könnte, den Zusammenhang mit dunkelrandigen Nervenfasern« (p. 128). In der That eine hübsche Aufgabe und würdig den zwölf herkulischen an die Seite gestellt zu werden, eine Stäbchenfaser auf ihrem langen Wege durch Faserschichten und Ganglienzellen bis in den Stamm des Nervus opticus zu verfolgen, wo bekanntlich erst markhaltige Fasern zu finden sind!

Dass ich den Namen Zwischenkörnerschicht, wie sie H. Müller

ausserordentlich klar für Fische, Amphibien, Vögel und Säugethiere bezeichnet hat, nicht durch den Henle'schen der äusseren granulirten Schicht ersetzte, bedarf um so weniger einer Rechtfertigung, als ich nachwies, dass die Unregelmässigkeiten, welche nach H. Müller diese Schicht beim Menschen zeigen sollte, nicht existiren. Das einzige Missverständniss, welches bei Benutzung dieses Namens stören könnte, ist durch meine Auseinandersetzungen über das Verhalten der äusseren Körnerschichte in der Gegend der Macula lutea beim Menschen gelöst. Danach ist jetzt Zwischenkörnerschicht und äussere granulirte Schicht *Henle* synonym. Warum aber Henle aus meinen Abbildungen Taf. XIII, Fig. 1, 2 und 3 auf eine gewisse Unsicherheit meiner Kenntniss der Zwischenkörnerschichte in der Gegend der Macula lutea schliesst (Jahresber. p. 130), ist mir unverständlich geblieben. Henle behauptet die Zwischenkörnerschicht fehle in jener Fig. 1. Ich sehe sie in allen durch meine Hände gegangenen Abdrücken der betreffenden Tafel mit voller Deutlichkeit und ganz übereinstimmend mit dem, was ich überall von dieser Schicht ausgesagt habe, und mit demselben Buchstaben d bezeichnet, der ihr auf allen meinen sieben Tafeln zuertheilt worden, so dass also kein Missverständniss denkbar blieb. Und an Fig. 2 und 3 der betreffenden Tafel sei sie »nur durch einen schmalen Streifen angedeutet, auf welchen in der Figuren-Erklärung nicht Bezug genommen ist.« Der schmale Streifen ist in der Ordnung, denn die Schicht ist »schmal,« mit dem Buchstaben d, welcher überall nur der Zwischenkörnerschicht reservirt wurde, ist sie in beiden Figuren bezeichnet, und in der Erklärung zu Taf. XIII Fig. 2 steht »Buchstaben wie vorhin,« bei Fig. 3 aber ausdrücklich »d Zwischenkörnerschicht.« Wie reimt sich das zusammen?! Henle fährt fort (p. 130): »Sodann, und dies ist eine wesentliche Differenz, zeigt meine Abbildung (Eingeweidelehre Fig. 575) die kegelförmigen Körperchen an der äusseren Fläche der äusseren Faserschichte, während sie nach Schultze's Darstellung an der inneren Fläche derselben liegen müssten. Schultze nennt meine Darstellung »unvollständig und irrthümlich.« Indessen das Präparat, nach welchem die erwähnte Figur gezeichnet ist, existirt und liegt zu Jedermanns Ansicht bereit. Man mag dem Alcohol nachsagen, was man will, so wird man nicht behaupten dürfen, dass er die Reihenfolge der Schichten umkehre; vielmehr besteht vielleicht darin ein Vorzug der Durchschnitte von Alcoholpräparaten, dass sie, weil sie ein Zerfallen und Zerzupfen

nur schwer gestatten, die relative Lage der Theile sichern.« Die wesentliche Differenz besteht in Folgendem. Meiner Darstellung zufolge, welche besonders durch die Figuren 1—4 auf Taf. X erläutert wird, enden allgemein die Zapfenfasern an der der Chorioides zugewandten, also mit Rücksicht auf den Bulbus äusseren Grenze der Zwischenkörnerschicht mit den schon von H. Müller gesehenen, von Henle genauer beschriebenen kegelförmigen Körperchen, aus deren Basis Fäserchen hervorgehen, die sich der flächenhaften Faserung der Zwischenkörnerschicht beimischen. Dies gilt für die peripherischen wie centralen Theile der Retina, und wird nicht gestört durch die an der Macula lutea auftretende, von der rein radialen Richtung abweichende Lagerung der Zapfen- und Stäbchenfasern. Ob diese letzteren länger werden, und aus der radialen Richtung in eine schiefe übergehen (Fig. 3 und 4 Taf. X), oder gar, wie bei schwächerer Vergrösserung Fig. 1 auf Taf. XIII zeigt, eine kurze Strecke der Fläche der Retina parallel laufen, bedingt keine Ausnahme von dem geschilderten Verhalten. Ich habe dies durch eine ausführliche Schilderung einer Reihe von Uebergangsstadien und Präparaten überzeugend nachgewiesen. Es haftet auch nicht die geringste Unwahrscheinlichkeit, physiologische oder anatomische Schwierigkeit an diesen Verhalten, durch welche die Glaubwürdigkeit von theoretischer Seite her beeinträchtigt würde. Auch Henle's Abbildungen Fig. 512, 513 und namentlich 514, an welchen die betreffende Faserschicht mit f bezeichnet ist (die äussere Faserschicht Henle's), schliessen sich derselben eng an. Im Widerspruch mit meinen Beobachtungen und unvereinbar mit Henle's eben citirten Figuren steht dagegen seine Fig. 515 (nicht 575, welche zum Gehörorgan gehört). An dieser sind die besprochenen kegelförmigen Zapfenfaserenden an die äussere Grenze der an der Macula lutea horizontal verlaufenden Zapfenfaserschicht (äussere Faserschicht Henle's), also plötzlich eine Etage höher verlegt. Es ist nicht meine Sache zu untersuchen, wie Henle zu dieser mit allen meinen Beobachtungen und zum Theil auch mit seinen übrigen Figuren nicht übereinstimmenden Abbildung gekommen ist. Ich bin über dieselbe mit wenig Aufheben hinweggegangen, und finde darin Schonung und Rücksicht, wie ich sie einem altverdienten Forscher wie Henle, auch wenn er irrte, bisher stets gezollt zu haben glaube. Was thut Henle. Er stellt den Sachverhalt nicht richtig dar, wenn er sagt, ich verlege die kegelförmigen Zapfenfaserenden, die sich an der

äusseren Fläche seiner äusseren Faserschicht befänden, an die innere Fläche dieser Schichte, und beschriebe so gewissermaassen das Spiegelbild der Henle'schen Fig. 515, als wenn »der Alcohol,« dessen Henle sich zur Erhärtung seiner Präparate bediente, wenn meine Darstellung zu Grunde gelegt wird, die ganz unmögliche Nebenwirkung habe, die Reihenfolge der Schichten umzukehren. Ob Henle dann ein Recht oder nur einen Schein von Veranlassung hatte in die Worte auszubrechen (p. 130): »Ich werde Schultze's Beispiel nicht folgen und habe mir nie gestattet eigene, geschweige denn fremde Beobachtungen, auf die von ihm beliebte Weise aus dem Wege zu schaffen« — das zu beurtheilen muss ich meinen Lesern überlassen, die mit mir mindestens darüber einig sein werden, dass zu solchen Beschuldigungen andere Grundlagen gehören als die hier von Henle gegen mich vorgebrachten.

Auch Krause in Göttingen, vielleicht ermuntert durch den liebenswürdigen Ton des Henle'schen Jahresberichtes, hackt an mir herum [1]). Es scheint, dass ich ihn nicht oft genug citirt habe, und in der That, eine seiner Mittheilungen ist mir erst jetzt bekannt geworden. Dieselbe bezieht sich auf die Netzhaut der Eidechse, und steht versteckt in einer Anmerkung seines im 20. Bande von Henle's Zeitschrift für rationelle Medicin abgedruckten Aufsatzes »über die Endigung der Muskelnerven« (p. 7). Er erwähnt daselbst drei Arten von gefärbten Fetttropfen, welche die Zapfen der Eidechse besitzen sollen, orangerothe, gelbgrünliche und blassblaue, und meint jetzt, dass dieser Nachweis mit Rücksicht auf die Farbenempfindung nach der Theorie von Young und Helmholtz nicht ohne Interesse sei. Meinen Beobachtungen zufolge kommen in der Netzhaut von Lacerta agilis und viridis nur verschiedene Modificationen von gelben Fetttropfen vor, von orange bis blassgelb, aber weder von grün noch von blau habe ich je, weder bei den Eidechsen noch bei andern Thieren etwas gesehen, und von einer directen Beziehung der Farbe der Fetttropfen zu der Young-Helmholtz'schen Theorie kann demnach nicht die Rede sein. Dass Krause behauptet, neben den Zapfen bei Eidechsen auch Stäbchen gesehen zu haben »die etwas schwer zu sehen sind, woraus sich vielleicht erklärt, dass sie Max Schultze neuerdings nicht

---

1) Reichert und du Bois Reymond's Archiv für Anatomie etc. 1867, p. 244.

hat finden können« ist mir auffallend, da mir der Unterschied von Stäbchen und Zapfen im Allgemeinen, wenn er auch manchmal »etwas schwer« zu sehen, ziemlich klar und mindestens ebenso klar geworden wie Krause. Uebrigens verspreche ich Krause, die nächste Eidechse noch einmal auf Stäbchen zu untersuchen und ihm von dem Resultat Nachricht zu geben. Dass aber selbst Krause Verwechselungen passiren können, zeigt der Schluss seiner Note. In diesem wundert er sich darüber, dass ich die Verbindung der Axenfaser des Innengliedes der Stäbchen beim Huhn mit dem linsenförmiger Körper am Ende des Innengliedes dieser Stäbchen nicht für eine »abgethane Sache« halte, und will mir »unnöthige Mühe« ersparen, indem er mich auf eine Abbildung in seinen Anatomischen Untersuchungen 1861, Taf. II, Fig. 6 aufmerksam macht, von welcher er fürchtet, sie möchte mir unbekannt geblieben sein, in welcher er in einem Zapfen vom Huhn eine Axenfaser in Zusammenhang mit einer Anschwellung abbildet, in der er meinen linsenförmigen Körper wieder zu erkennen glaubt. Der Hinweis auf seine Zapfen gegenüber meinen Ausführungen über Stäbchen ist um so auffallender, als ich bei derselben Behandlung, bei welcher ich in dem Stäbchen eine Faser sah, in den Zapfen ein ganzes Bündel von solchen erkannte, wie in Fig. 6 e, Taf. XIII dieses Bandes des Archivs abgebildet ist. Vielleicht wird jetzt Krause zugeben, dass weitere Untersuchungen doch möglicher Weise der Wissenschaft noch einigen Vortheil bringen könnten. Jedenfalls, so fürchte ich, wird er es erleben müssen, dass ich mich durch seine Warnung nicht abschrecken lasse, dem feineren Bau der Stäbchen und Zapfen noch weiter nachzuspüren. Vorläufig möge er sich mit Hensens eben erschienenen neuesten, diesen Gegenstand betreffenden Mittheilungen begnügen [1]) und aus denselben entnehmen, dass Forschen besser ist als Raisonniren.

---

1) Virchow's Archiv Bd. XXXIX, Heft 3, p. 475.

Ueber die Einwirkung des Chinin auf Protoplasma-Bewegungen.

Von

Dr. C. Binz.

Gemäss einer frühern Mittheilung im »Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften« 1867, Nr. 20, die demnächst in der Dissertation eines meiner Zuhörer erweiterte Darlegung finden wird, hatte sich ergeben, dass neutrales Chinin ein specifisches Gift für mehrere niederste, mit der Fäulniss in Zusammenhang stehende Organismen ist. Beim Verfolg jener Untersuchungen fand sich ferner, dass dies besonders für Thiere mit exquisiter Protoplasma-Bewegung gilt, und dass auch die von M. Schultze beschriebenen kriechenden Bewegungen der weissen Blutkörperchen [1]) durch Chinin in der nämlichen Weise sistirt werden.

Ich experimentirte vorläufig mit drei in der Nähe von Bonn häufig vorkommenden Protozoen, der Vorticella campanula, der Actinophrys Eichhornii und der Amoeba diffluens. Besonders erstere fand sich zu Anfang Juli in grosser Menge an den Würzelchen der unsere stehenden Gewässer zahlreich bedeckenden Lemna. Fügt man, am besten bei starker Vergrösserung, (Zeis F, Hartnack 9) einen Tropfen ⅕-procentiger Lösung neutralen salzsauren Chinin's dem mit einem Tropfen Wasser angefertigten Präparate hinzu, nachdem man sich vorher von der unversehrten Energie der im Innern der Glocke vor sich gehenden fast rund kreisenden Körnchenbewegung überzeugt hat, so gewahrt man nach einigen Zuckungen des mus-

1) Dieses Archiv, Bd. I, S. 1—43.

culären Stieles sofortigen Stillstand jener Bewegung. Auch die strudelnden Wimperschwingungen hören auf, das Thier liegt unbeweglich am Rande des Würzelchens, und nach wenigen Secunden ist der zierliche Körper zu einer runden, starren und dunkelgranulirten Masse aufgequollen, die bei weiterm Beobachten noch etwas mehr dunkelt und endlich zerfliesst. Applicirt man statt des Chinin eine gleich starke Lösung von neutralem salpetersaurem Strychnin, so erreicht man dasselbe, jedoch erst nach vielen Zuckungen des Stieles, und im Ganzen nie unter drei Minuten. Salzsaures Morphin von der nämlichen Stärke gebraucht mindestens die sechsfache Zeit wie Strychnin.

Nicht weniger auffallend zeigt sich der giftige Einfluss des Chinin bei Actinophrys Eichhornii. Die Grösse dieses Thierchens, das bekanntlich schon mit blossem Auge als milchweisses Kügelchen zu erkennen ist, macht die Untersuchung seiner Reaction gegen genanntes Agens sehr leicht. Man isolirt es in einem Tropfen Wasser, überzeugt sich bei schwacher Vergrösserung von der Integrität des Körpers wie der hyalinen Fortsätze und setzt dann eine schwache Chininlösung, etwa 1 zu 1000, zu. Am besten rührt man dann vorsichtig mit dem Glasstäbchen, ohne jedoch dem Thiere nahe zu kommen, beide Tropfen zusammen. Man findet nun beim sofortigen Beobachten die Pseudopodien bereits verschwunden. Hier und da deutet eine unterbrochene Körnchenreihe ihre gewesene Richtung noch an. Der Körper ist dunkel und bräunlich geworden, hat eine verzerrte Gestalt angenommen und zerfliesst bei der geringsten sichtbaren Strömung zu Detritus. Am längsten persistiren zuweilen die hellen Bläschen, die von dem Detritus sich loslösend noch einige Zeit unversehrt umhergetrieben werden. Eine gleichstarke Lösung von Strychnin wirkt ebenso zerstörend ein, jedoch viel weniger stürmisch. In einer $^1/_{10}$-procentigen Lösung von Morphin verzerrte sich der runde Körper des Thierchens um ein Weniges, die Pseudopodien jedoch blieben noch über 30 Minuten unversehrt und waren erst nach einer Stunde zu Pünctchen zerfallen. Der Körper selbst hielt sich noch mehrere Stunden als bräunliche, scharf contourirte und kuglige Masse.

Die Amöben des süssen Wassers sind gleichfalls sehr emfindlich gegen Chinin. Ausdrücklich habe ich hier darauf aufmerksam zu machen, dass die des Salzwassers innerhalb der hier zur Sprache kommenden Grenzen von Concentration der Lösung und Zeit der

Einwirkung nicht reagiren. Da ich die Süsswasseramöben zuerst geprüft hatte, so war ich über die enorme Resistenz der des Salzwassers — sie stammten von der Kreuznacher Saline und waren mir durch die Güte meines Collegen R. Greeff zugekommen — nicht wenig überrascht, bis ich bei Kühne[1]) den betreffenden grossen Unterschied in Bezug auf andere starke Reagentien schon verzeichnet fand. Einige Tropfen Wasser eines Sumpfes aus der Nähe von Bonn zeigten nun fast regelmässig je eine Amöbe, ausserdem grosse Mengen von Navicula, Arthrodesmus und Closterium. Die Amöben sind in lebhafter Bewegung, ebenso zeigen auch die Schiffchen das bekannte gradlinige Fortschreiten in deutlicher Weise. Es wird nun ein Tröpfchen $^1/_{10}$-procentiger Chininlösung vom Rande des Deckgläschens her zugesetzt. Sobald man die dadurch entstandene Strömung gewahrt, sieht man die hellen Bläschen sich körnig verdunkeln und einschrumpfen. Der Nucleus wird ebenfalls trübe und scheint sich aufzublähen. Der hyaline Saum verschwindet, indem er sich in die Körpermasse nach und nach zurückzuziehen scheint. Die Körnchen der Sarkode verharren noch mehrere Secunden in Bewegung, bis dann allmählich das ganze Aussehen dunkel granulirt wird und binnen einer Minute alles stille steht. Auch die Naviculae bewegen sich nicht mehr, zeigen aber sonst keine Veränderung.

Ungleich stürmischer sind diese Vorgänge, wenn man sich einer $^1/_5$- oder $^1/_2$-procentigen Lösung bedient. In dem nämlichen Augenblick, wo diese die Amöbe erreicht, werden die ausgestreckten Fortsätze starr und verdunkeln sich Bläschen wie Nucleus. Die Körnchen des Protoplasma machen noch einige turbulente Bewegungen und stehen dann ebenfalls still. In einzelnen Fällen, wenn die Amöbe zufällig langgestreckt ist, und die Chininströmung sie seitlich trifft, sieht man das Thier in zwei Theile auseinanderfahren, die beide als Detritus fortgetrieben werden.

Strychnin und Morphin verhalten sich im Wesentlichen ebenso gegen Amöben, wie gegen Vorticella campanula und Actinophrys.

Als selbstverständlich darf vorausgesetzt werden, was denn auch die Erfahrung zeigt, dass die einzelnen Individuen leicht eine auffällig verschiedene Resistenz darbieten. Dieselbe liegt jedoch immer in Grenzen, welche den Total-Eindruck der betreffenden Reaction nicht berühren. Am meisten und längsten leisten durchschnitt-

---

1) Untersuchungen über das Protoplasma und die Contractilität 1864 S. 28.

lich Widerstand die kleinern, jünger aussehenden Formen. Dauert dies jedoch verhältnissmässig viel länger, als in allgemeinen Zügen vorher angegeben, so kann man sich leicht durch besseres Mischen der Flüssigkeiten des Objectes überzeugen, dass die Berührung mit dem zugesetzten Stoffe entweder unvollkommen war oder ganz fehlte.

Die Erscheinungen, welche man bei den amöboiden Bewegungen der weissen Blutkörperchen auf Zusatz von Chinin gewahrt, sehen den bisher beschriebenen in auffallender Weise ähnlich. Man bedarf zur Anstellung des betreffenden Versuches ausser einer starken Vergrösserung (Hartnack Nr. 9) einer feuchten Kammer und des Schultze'schen heizbaren Objecttisches. In der Handhabung des letztern instruirte mich sein Erfinder selbst auf das dankenswertheste.

Das der Fingerspitze entnommene Blut eines gesunden Menschen wird, am besten natürlich zur Zeit der Verdauung, vermittelst der von Rindfleisch angegebenen Methode [1]) auf den Objectträger gebracht, wobei unter Anderm aber auch die Vorsicht zu gebrauchen ist, das Deckgläschen nicht zu fest aufzukitten, weil sonst die dickern weissen Körperchen nicht in bequemer Anzahl eintreten. Man bringt nun das Präparat rasch unter die feuchte Kammer und erwärmt bis gegen 35 Grad. Ist alles gut hergerichtet worden, so sieht man bei dieser Temperatur die meisten weissen Körperchen in lebhafter Bewegung begriffen. Nunmehr prüft man zuerst das Serum, worin man später das Chinin lösen will, um sich zu überzeugen, dass dieses selber keinen hemmenden Einfluss ausübt. Es mögen dazu manche Stoffe passen — Milch, Humor aqueus, Jodserum, woraus das Jod zum grössten Theil verdunstet ist —, ich arbeitete, weil es mir zufällig so am bequemsten lag, mit Blutserum vom Meerschweinchen und mit einer Lösung von geschlagenem Eiweiss in Wasser, 1 Theil zu 12 Theilen. Die Prüfung dieses Serums auf seine Concentration kann man übrigens vorher schon ohne Heizung des Objecttisches versuchen. Man setzt so lange vorsichtig Wasser oder Eiweiss zu, bis die rothen Körperchen, als die in ihren etwaigen Veränderungen am deutlichsten zu erkennenden, vollständig intact erscheinen.

Die Prüfung des Serums am erwärmten Präparat lässt sich soweit meine Erfahrungen reichen, am sichersten folgendermassen vollführen: man füllt ein Reagensgläschen etwa zum Drittel damit, taucht ein Thermometer mit spitzem Ende ein und erwärmt auf

1) Virchow's Archiv. Bd. XXX, S. 603.

37—38 Grade. Nun öffnet man die feuchte Kammer und führt rasch vier Tröpfchen, das Thermometer als Glasstab benutzend, den Rändern des Deckgläschens entlang. Die seröse Flüssigkeit mischt sich jedoch nicht ganz leicht von selbst mit dem Bluttropfen, und so muss man mit einer starken Präparirnadel an mehreren Stellen des Objectes einen leichten Druck ausüben, wobei Blut und Serum sich bald durchdringen. Auch dieser Umstand macht es nöthig, das Gläschen vorher nicht zu dicht angekittet zu haben. Ist diese ganze Manipulation nun gut gelungen, was aus naheliegenden Gründen nicht leicht jedesmal der Fall ist, so sieht man die Bewegungen und Gestaltveränderungen der weissen Zellen bei erneutem Erwärmen ungestört weiter dauern.

In 2000 Theilen dieses Serums löst man nun 1 Theil neutrales salzsaures Chinin und verfährt damit an einem frisch präparirten Bluttropfen wie eben geschildert. Das so bereitete Präparat zeigt folgendes Verhalten:

Die rothen Körperchen lassen keine Veränderung wahrnehmen. Die weissen sind ohne Ausnahme von grobgranulirtem Ansehen [1]), vorausgesetzt natürlich, dass Inseln oder Streifen von Blut, mit Serum nicht vermischt, nirgendwo zurückgeblieben sind. Einige von ihnen sind annähernd in der Gestalt persistent geblieben, die sie beim Zusatz der Chininlösung gerade angenommen hatten. Die meisten sind wieder rund geworden, dabei aber wie bei einfachem Wasserzusatz aufgequollen. Manche sind deutlich in zwei ungleiche Hälften geschieden, die eine tief dunkel granulirt, die andere klar und hell. Ob letzteres den aufgeblähten hyalinen Kern darstellt, wage ich vorläufig nicht zu entscheiden. Dieses Aussehen erinnert lebhaft an das mancher Infusorien, die beim Absterben durch Chinin oder andere Gifte ebenfalls eine Scheidung in zwei Massen darbieten. Einmal sah ich bei einem weissen Blutkörperchen auf das deutlichste, wie die hyaline Hälfte mit Gewalt nach aussen trat und an einem klaffenden Riss der übrigen Zellensubstanz hängen blieb, wo sodann noch ein weiteres Vorquellen im Lauf der nächsten Minuten erfolgte.

Fährt man jetzt mit dem Erwärmen des durch die vorher beschriebenen Manipulationen etwas abgekühlten Präparates wieder fort bis zu etwa 40 Grad, so ist auch bei einer Temperatur, die höher liegt als die, welche zu Anfang kriechende Bewegungen hervorrief, keine

1) Vergl. dieses Archiv, Bd. I, Taf. II, Fig. 6 und 9.

Spur von Leben mehr zu gewahren. Die weissen Körperchen bleiben theils unveränderlich liegen, theils werden sie, da ihre Fähigkeit festzuheften geschwächt oder vernichtet ist, von der Strömung der rothen Körperchen fortgerissen oder hin und her bewegt. Letztere geringen passiven Bewegungen können mitunter für amöboid gehalten werden. Die weissen Körperchen sind wohl nie ganz kugelrund, am wenigsten wenn zuerst die Wärme und dann ein feindliches Agens auf sie einwirkte, und so bedingt schon ein geringer passiver Wechsel ihrer Lage leicht eine auffallende Veränderung ihrer Umrisse.

Das Wesentliche der angeführten Thatsachen lässt sich auch dann constatiren, wenn man den Bluttropfen nicht zuerst erwärmt, sondern die Chininlösung mit ihm zu gleicher Zeit in den capillaren Raum eintreten lässt. Bringt man dann, nachdem die Flüssigkeiten gehörig gemischt sind, beides zusammen auf Körpertemperatur und drüber, so zeigen auch jetzt schon von Anfang an die weissen Elemente jene grobe Granulirung, den häufigen Mangel an Fixirung und die absolute Unveränderlichkeit der Kugelform. Bewegung und Gestaltveränderung findet auch bei 40 Grad noch nicht statt. Es ist schwer zu sagen, welcher Methode der Vorzug zu geben wäre, da sie beide mancherlei Cautelen und wegen des Verdunstens besonders einer möglichst schnellen Handhabung bedürfen.

In gewisser Beziehung mag es genügen, ein positives Resultat schon für das Chinin allein erlangt zu haben. Es schien aber auch nöthig, die Frage zu prüfen, ob nicht etwa der Einfluss des chlorwasserstoffsauren Alkaloïdes an und für sich, so bedeutend auch die Verdünnung des Salzes sein mag, in Anschlag gebracht werden müsse. Ich habe vorläufig nur das salzsaure Morphin zum Vergleiche geprüft. Bei geringer Verdünnung, etwa 1 zu 500, ist seine Einwirkung auf die amöboiden Bewegungen der weissen Körper noch eine tödtliche; bei grösserer Verdünnung — ich gelangte einstweilen bis auf 1 zu 2300 —, wo das Chinin noch charakteristisch tödtet, zeigt das Morphin keinen schädlichen Einfluss mehr.

Von dem Strychnin war es gemäss seinem bereits früher [1])

1) M. Schultze. Das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen. 1863. S. 32. Von Pflanzen habe ich nur Tradescantia virginica untersucht. Die prachtvollen Strömungen in den Haaren ihrer Staubfäden bieten aber leider wegen der doppelten, festen und flüssigen Umhüllung kein passendes Object dar. Das Protoplasma der Valisneria in Bewegung zu sehen gelang mir jetzt bei zweimaligem Nachsuchen nicht, wahrscheinlich wegen der zufällig kalten Witterung.

untersuchten Einflusse auf Protoplasma-Bewegungen vorauszusehen, dass es auch auf die weissen Blutkörperchen ähnlich wirken würde wie Chinin. Eine Differenz ist allerdings vorhanden; doch bleibt deren Ziffer noch festzustellen. Ohne Zweifel werden sich noch mancherlei andere pharmakologische Agentien finden, die in ihren Beziehungen zu dem Blute dem Chinin ähnlich sind. Sicherlich gehört auch das Veratrin hierher, falls wenigstens dies sich aus seinem Verhalten zu Amöben u. s. w. schliessen lässt [1]). Immerhin jedoch werden in Rücksicht auf ihre klinische Verwendung, soweit eine solche aus diesen Untersuchungen neu gefolgert oder, bereits alt eingeführt, neu erklärt werden sollte, nur jene Mittel dem Chinin an die Seite zu setzen sein, die ausser der giftigen Wirkung auf die Lebenserscheinungen der genannten Elemente auch noch die andern dem Chinin zukommenden Eigenschaften in gleichem Maasse darbieten: seine relative Unzerstörbarkeit im Blute, seine langsame Ausscheidung aus demselben und endlich seine Unschädlichkeit noch in ganzen Scrupeldosen, worin z. B. Strychnin und Veratrin schon zehnfach tödtliche Nervengifte sind. In nächster Reihe steht nach dieser vorläufigen Mittheilung für mich die Frage, welche letzte Verdünnung des Chinin seinen hemmenden oder tödtenden Einfluss auf die weissen Blutzellen noch geltend mache. Dies festgestellt, soweit sich dafür eine möglichst genaue Durchschnittsziffer finden lässt, werden die andern verwandten Stoffe nach derselben Richtung hin zu prüfen sein; und endlich werden Versuche am lebenden warmblütigen Thiere zu entscheiden haben, ob die weissen Körperchen gegen Chinin sich ganz so oder doch ähnlich im kreisenden Blute verhalten wie auf dem heizbaren Objecttisch.

Bonn, 18. Juli 1867.

---

1) Kühne, a. a. O. S. 47, 65, 86.

Spongologische Mittheilungen.

Von

Oscar Schmidt.

Es wird Jahr und Tag noch vergehen, ehe ich ein drittes und letztes Supplement meiner Spongien des adriatischen Meeres veröffentlichen kann, worin nächst einer unter genauer Berücksichtigung der Arbeiten Anderer angestellten Revision meiner früheren Untersuchungen das Ergebniss meiner Beobachtungen über die Spongienfauna des westlichen Mittelmeeres enthalten sein soll.

Einstweilen erlaube ich mir, die Aufmerksamkeit auf einige der jüngst gewonnenen Resultate zu leiten und zwar zunächst auf die Structur der Halisarcinen. Meine Beobachtungen bezogen und beziehen sich auf die in Venedig gefundene Halisarca guttula und die an der dalmatinischen Küste verbreitete H. lobularis. Es war constatirt, dass im Innern von H. guttula ein Sarcodenetz vorkommt, dass eine Aussenschicht von Sarcode da ist. Ferner hatte ich eigenthümliche Zellen beschrieben. In Spiritus gehärtete Präparate haben mir nun an feinen Schnitten solche Verhältnisse gezeigt, welche die bisher ganz unbekannten Beziehungen der Halisarcinen zu den andern Spongien, insonderheit zu den Gummineen sehr klar machen. Die Sarcode-Aussenschicht von Halisarca guttula steht in directem Zusammenhange mit dem das Innere durchsetzenden höchst unregelmässigen Netz derselben mehr oder weniger amorphen Grundmasse, welche das Homologon der von Kölliker sogenannten Gallertsubstanz der Gummineen ist. Sie begränzt die vielen unregelmässigen Lücken, welche gänzlich verschieden sind von den Canälen. Letztere sind ausgekleidet mit den allbekannten Wimper-

zellen, deren Gesammtheit Kölliker »Röhrensubstanz« genannt hat. Die allgemeine Homologie mit der Structur zuerst der Gummineen und weiter auch der übrigen Spongien liegt für Hal. guttula auf der Hand. Hiermit stimmt Hal. lobularis insofern, als auch bei ihr die sarcoide Grundsubstanz und die Zellencomplexe der Flimmercanäle die Hauptbestandtheile des Schwammkörpers sind. Die Anordnung ist aber eine weit regelmässigere, indem die Binnenschichte der Lappen ausschliesslich von einem Geflecht dickerer Stränge der Gallertsubstanz eingenommen wird. Der Querschnitt der Lappen giebt ein sehr zierliches Bild, welches auch augenblicklich die Uebereinstimmung mit der Structur der Gummineen vor Augen stellt.

Dies letztere geschieht aber um so mehr, als es mir geglückt ist, eine neue Chondrosia (Gummina) zu entdecken, welche die auffallendste Zwischenform zu Halisarca lobularis und Gummina ecaudata oder auch Corticium candelabrum bildet.

So führt also schon innerhalb der geringen Zahl uns bis jetzt zugänglicher Halisarcinen und Gummineen eine Reihe von den weichsten Halisarcinen zu den lederähnlichen Gummineen. Es wiederholt sich mithin in dieser Gruppe eine Erscheinung, welche auch für die übrigen Spongien die systematische Gliederung so misslich macht. Was Kölliker bei den Gummineen »Gallertsubstanz« genannt hat, ist die theils ungeformte, theils strang- und faserförmig gewordene Sarcode, deren Consistenz bei den Horn- und den Kieselschwämmen so unendlichen Schwankungen unterworfen ist. Einige mir bekannt gewordene Schwämme des Berliner Museums illustriren das Gesagte ausgezeichnet. Der eine vereinigt Eigenschaften von Spongelia mit denen von Halisarca, indem seine röhrig-häutigen, Einschlüsse enthaltenden Bildungen in die ungeformte weiche Masse von Halisarca übergehn. Ein anderer (Berl. Mus. Nr. 266) giebt den vollständigsten Beleg zu meiner Darstellung der Entstehungsweise der Hornfasern. Aus einer dicken, die Innenfläche des röhrenförmigen Hornschwammes auskleidenden Sarcodeschicht geht in continuirlichem Zusammenhange nach aussen ein Fasernetz hervor.

Weitere Beobachtungen betreffen verschiedene Kalkschwämme. Von morphologischem Interesse ist besonders eine neue Sycon-artige Form mit Characteren von Dunstervillia. Von letzteren hat Kölliker ausser den wimpernden kegelförmigen Canälen noch andere nicht wimpernde Canäle abgebildet (Ic. hist. IX. 4, 5, 6) und Lieberkühn (Archiv 1865) giebt theoretisch eine Erklärung derselben.

Es ist mir bisher nicht gelungen, diese Canäle von Dunstervillia zu sehen, allein die neue Form zeigt jene von L. theoretisch angenommene Structur in extremster Weise; zwischen je vier die Flimmergänge enthaltenden Kegeln senkt sich ein nicht flimmernder Gang bis zu der von den Flimmergängen durchbrochenen Binnenschicht der Leibeshöhle. Die Aussenfläche unseres Schwammes sieht in Folge der Stellung der Kegel und der von ihnen begrenzten Vertiefungen wie ein Schachbrett aus.

Ich werde ferner den Nachweis führen, dass Nardoa zwar nicht immer, doch häufig Oscula besitzt. Meine erste Abbildung (Spongien, Taf. I, 8) ist richtig. Auch Kölliker sieht und zeichnet sie (Taf. IX, 6 a), ist aber eher geneigt, durch sie den Wassereintritt vermitteln zu lassen, oder sie für zufällige Risse zu halten.

Auch aus dem Gebiete der Kieselschwämme liegt mir eine Reihe, unsere Ansichten klärendes Material vor. Eine neue Scopalina zeigt, wie weit an einem Fundorte die Variabilität der Nadeln geht und droht, mit den Varietäten anderer Formen, eines der wenigen bisher für einigermassen haltbar geltenden Speciesmerkmale zu verwischen. Wiederum eine Varietät von Cribrella elegans zeigt sehr auffallende pathologische Nadelbildungen und damit den regen, in den Kieselgebilden stattfindenden Stoffwechsel.

Schliesslich bemerke ich, dass die von Lieberkühn aufgestellte Halichondria (Myxilla) anhelans von Triest nicht eine Species ist, sondern aus zwei sehr getrennten Arten componirt ist, die ich vorläufig, sie von Myxilla trennend Reniera inflata (blau, eine Sorte Nadeln) und Reniera muggiana (bräunlich, mit den von Lieberkühn beschriebenen Nadeln) nennen will. Auch muss ich zu der in den »Spongien« ausgesprochenen und im I. Supplement zurückgenommenen Behauptung zurückkehren, dass Myxilla rosacea in Triest und in Venedig zugleich vorkommt. Myxilla rosacea = Myxilla tridens, indem die von Lieberkühn als doppelt zugespitzt beschriebenen Nadeln nicht so einfach, sondern mit den von mir beschriebenen Nadeln der Myx. tridens identisch sind.

Eine Reclamation, die „geformte Sarcode" der Infusorien betreffend.

Von

Oscar Schmidt.

In dem jetzt erschienenen und von den Fachgenossen gewiss mit wahrer Freude begrüssten zweiten Theile von Steins Infusorienwerk giebt der Autor seine bisher festgehaltene Ansicht über die Natur der die Rindenschicht bildenden Sarcode auf und erklärt die Streifen der Stentoren u. a. Gattungen für Muskeln. Die Darstellung lässt keinen Zweifel, dass Stein meint, nun erst, durch ihn, seien diese Organisationsverhältnisse aufgeklärt. Es werden beiläufig Leydig und Lieberkühn erwähnt, auch in einer Note gesagt, dass ich bereits 1852 die Körperstreifen der Stentoren nach genauerem Studium derselben an St. coeruleus für die eigentlichen contractilen Elemente erklärte und dass ich gleichzeitig auch die Körperstreifen anderer Infusorien als den Muskelfasern analoge Gebilde ansprach. Ich glaube aber, es wäre correcter gewesen, Stein hätte etwas genauer angeführt, wie weit denn eigentlich, ausser durch die Genannten, durch mich und Kölliker, den er ganz mit Stillschweigen übergeht, die Angelegenheit gebracht worden ist.

Es möge mir gestattet sein, einige wörtliche Citate, theils aus dem Handbuch der vergl. Anatomie II. Aufl. 1852, theils aus dem I. Supplement meiner »Spongien« 1864 mit Stein's Auslassungen zusammenzustellen.

Schmidt (1852. 1864).	Stein (1867).
Die Stentoren haben zwei Streifensysteme; das eine bildet die kappen- oder deckelähnliche Vorderwand des Thieres; die anderen Streifen verlaufen von dem vordern Rande des grossen vordern Wimperkreises nach dem Hinterende. Nicht alle aber reichen bis hierher, sondern hören auf, wie es die Verschmälerung des Körpers erfordert.	Ausser dem bisher betrachteten System von Körperstreifen, die immer von einem Ende bis zum andern verlaufen, kommt bei Stentor noch ein System von Peristomstreifen vor.
Besonders sind die Gattungen interessant, bei denen die Streifen spiralig um den Körper gehn, wodurch sie, besonders deutlich im Zustande der Contraction, wie mit einem zarten Netze überzogen erscheinen.	Hiernach (nach der neuerlichen Darstellung) ist die von mir in der 1. Abtheilung gemachte Angabe von zwei sich kreuzenden Systemen spiraliger Streifen zu berichtigen.
Bei Trachelius ovum liegt unter der, die Cilien tragenden Cuticularschicht die Schichte sehr blasser, contractiler Fasern, welche einem Hautmuskelschlauche gleicht und die allgemeinen Körpercontractionen besorgt.	Sämmtliche Streifen bilden (bei Spirostomum ambiguum) einen zusammenhängenden Mantel.
Die Streifen bestehn aus der homogenen hellen Grundsubstanz, in welche viele winzig kleine Körnchen eingebettet sind, und bei manchen Infusorien (z. B. Stentor coeruleus) sind die Pigmente fast ausschliesslich in diesen Streifen enthalten, so dass die Zwischenfurchen weiss erscheinen.	Ihrer Zusammensetzung nach bestehn die Streifen aus einer homogenen, lichten Grundsubstanz . . . . . in ihr liegen aber dicht nebeneinander sehr feine Körnchen eingebettet, welche das Licht stark brechen und bei den blauen Stentoren eine bläuliche Färbung besitzen.

Schmidt (1852. 1864).	Stein (1867).
Die Körpercontractionen erfolgen nur in der Richtung dieser in der Rindenschicht liegenden Fasern oder Streifen. Diese sind aber selbst die contractilen Elemente.	Die Körpercontractionen erfolgen immer in der Richtung der Streifen.
Jeder Streif, ein selbständiges Sarcode-element, ist analog einer Muskelfaser. Die Breite wechselt sehr. (Folgen Angaben.) etc. etc.	Wir werden auch die Körperstreifen der ringsum bewimperten Infusorien, als den Muskelfasern analoge Gebilde aufzufassen haben. etc. etc.

In meiner citirten Abhandlung über die Histiologie der Spongien ist ferner weitläufig von dem Uebergange der ungeformten in die geformte Sarcode die Rede, welche Ausdrücke gleichfalls von Stein in dem von mir und nach mir von Weissmann adoptirten Sinne gebraucht worden. Wenn endlich Stein sich zum Entdecker der Querstreifung der Sarcodefasern macht, so muss diese Entdeckung Kölliker (Icones histiologicae, 1864) vindicirt werden, und ich habe dieselbe in der letzten Auflage meiner vergleichenden Anatomie (1865) bestätigt.

Nun, meine in der Histiologie der Spongien ausgesprochene Hoffnung, dass meine Beobachtungen über die Differenzirung der contractilen Substanz bei den Infusorien sich exact erweisen würden, ist glänzend erfüllt worden. Steins ganze Darstellung enthält nicht ein einziges wesentlich neues Moment. Ich bedaure auch, dass Stein nicht wenigstens in einer nachträglichen Anmerkung meine Erwägungen über die systematische Stellung der Spongien und ihr Verhältniss zu den Infusorien berührt. Es scheint aber fast, als ob Stein von meiner zoologischen Thätigkeit nichts weiter kennt, als das von mir längst in den Papierkorb geworfene Handbuch von 1849.

Ueber Actinophrys Eichhornii und einen neuen Süsswasserrhizopoden, besonders in Rücksicht auf Theilbarkeit derselben resp. Vermehrung durch künstliche Theilung.

Von

Dr. Richard Greeff,
Privatdocenten in Bonn.

Die nachstehenden Mittheilungen sind zunächst veranlasst durch eine höchst eigenthümliche Erscheinung, die ich vor Kurzem an Actinophrys (Actinosphaerium Stein) Eichhornii zu beobachten Gelegenheit hatte. Schon seit längerer Zeit mit Untersuchungen über die Formverhältnisse und die Fortpflanzung, besonders der nackten und einschaligen Rhizopoden beschäftigt, war ich bezüglich der Süsswasserformen häufig wieder auf die genannte hier bei Bonn in verschiedenen stehenden Gewässern sehr häufige Actinophrys zurückgekommen. Actinophrys Eichhornii ist desshalb auch schon mehrfach Gegenstand eingehender Untersuchung gewesen und manche Thatsachen sind bereits über dasselbe ermittelt. Für mich waren es hauptsächlich die in der Innen- oder Marksubstanz gelagerten zellen- oder kernartigen Gebilde, die meine Aufmerksamkeit besonders fesselten und die zuerst von Kölliker [1]) in seinen schönen Beob-

---

1) Das Sonnenthierchen, Actinophrys sol. Zeitschr. für wissensch. Zoologie I. Band S. 198. Das unter dem Namen Actinophrys sol von Kölliker beschriebene Sonnenthierchen ist bekanntlich unsere Act. Eichhornii während das später von Claparède (Müller's Archiv 1854 S. 398) als Act. Eichh. weitläufig beschriebene Thier ebenso unzweifelhaft Actinophrys sol ist.

achtungen über den Bau und die Lebensweise unseres Thierchens, von Stein [1]), dann von E. Haeckel [2]), genauer aber von M. Schultze [3]) beschrieben worden sind, welchem letzteren wir ebenfalls eine Reihe der interessantesten Beobachtungen über Actinophrys Eichhornii, besonders bezüglich der doppelten Zusammensetzung der Pseudopodien aus Achsen- und Rindensubstanz verdanken. Diese fraglichen Kerne liegen also in der Marksubstanz des Thieres und kommen in der That niemals in der hellen und grossblasigen Aussenschicht, die sich von der inneren ziemlich scharf abgrenzt, wodurch also eine ziemlich genaue Controlle der berührten Lagerungsverhältnisse möglich ist, vor. M. Schultze glaubt ausserdem, dass sie bloss in der »Rinde der Marksubstanz« zerstreut seien, was indessen nicht durchgehend der Fall zu sein scheint, da ich sie fast stets bis ins Centrum des Innenraumes verfolgen konnte. Eine ziemlich beträchtliche Differenz besteht in der Zahlenangabe dieser Kerne. Kölliker schätzt dieselben auf 10—12 für jedes Individuum [4]), M. Schultze [5]) auf 40 und darüber, während die von mir hierauf untersuchten Thiere noch reichlicher damit erfüllt waren, indem ich bei den grösseren mit Leichtigkeit 150 und mehr und bei den mittleren selten unter 100 zählte. Sie leuchten, besonders wenn man nebenbei einen leichten Deckglasdruck ausübt, bei einer gewissen Einstellung des Tubus als helle weisse Puncte aus dem Innern hervor. Leicht lassen sie sich dadurch, dass man das ganze Thierchen mit Nadeln zerreisst oder es zerdrückt, isoliren, sie treten dann, da sie viel fester und resistenter sind wie die übrige Körpersubstanz, aus dem gesprengten Innenraume unverletzt hervor und man erkennt die meisten als runde kräftig conturirte Kerne mit einem mehr oder minder körnigen Inhalte und in letzterem ein oder mehrere solide, unregelmässig gestaltete Kernkörperchen. Ich bezeichne diese Gebilde als Kerne, da man bei weiterer Durchmusterung auch solche wahrnimmt, die noch von einem hyalinen zarten Protoplasma-Hof

1) Sitzungsber. d. böhm. Ges. d. Wissenschaften, Jan. 1857, p. 41.

2) Die Radiolarien S. 165.

3) Das Protoplasma der Rhizopoden und Pflanzenzellen S. 35.

4) Diese äusserst geringe Schätzung findet vielleicht dadurch ihre Erklärung, dass Kölliker bloss diejenigen Kerne und Zellen gezählt hat, die durch Zerreissen des Thieres aus dem Innern hervorgetreten waren.

5) a. a. O. S. 36.

umgeben sind und dann das Bild einer vollständigen Zelle liefern, welche Unterscheidung auch schon Kölliker gemacht hat.

Es war mir nun darum zu thun, diese Kerne etc. auch in der blasigen Thiersubstanz selbst und ihr Verhältniss zu letzterer zu beobachten und schienen mir dazu die vom Ganzen abgerissenen Theile als dünnere und durchsichtigere Objecte die geeignetesten, besonders da ich gesehen hatte, dass die Stücke die unveränderte blasige Structur des Ganzen beibehielten und vermöge ihrer Contractilität sich alsbald wieder zusammenzuziehen strebten. Ich applicirte desshalb auf eines meiner Thierchen einen nur schwachen Druck, der gerade ausreichte um den Thierleib zu sprengen ohne ihn zu zerdrücken. Dann liess ich sofort wiederum reichlich Wasser zwischen Deck- und Objectglas nachfliessen, um fernern Druck möglichst zu heben und zugleicherzeit den einzelnen Theilen Gelegenheit zu geben, sich leichter zu contrahiren. Als ich nach kurzer Zeit wieder nachsah, war ich nicht wenig erstaunt, die einzelnen Sprengstücke, grosse und kleine, als wohlgeordnete runde Ballen vor mir liegen zu sehen, die in ihrem äusseren Ansehen, die Grössendifferenz natürlich ausgenommen, mit dem Mutterkörper eine auffallende Aehnlichkeit zeigten. Was mein Erstaunen noch erhöhte war, dass es mir schien, als ob aus dem einen oder anderen dieser Ballen ein kurzer strahlenförmiger Fortsatz sich hervorschöbe, und in der That die Prüfung mittelst stärkerer Vergrösserung liess an mehreren Exemplaren die Hervorstreckung von strahligen Pseudopodien wie auch die Körnchenbewegung im Innern der blasigen Thiersubstanz aufs deutlichste constatiren, ganz in derselben, allerdings sehr trägen Weise, wie sie bei den vollständigen Thieren beobachtet wird. Um es kurz zu machen, das Endresultat der Beobachtung war, dass sich nach ungefähr einer halben Stunde jedes der einzelnen Sprengstücke als eine selbständige, vollkommen ausgebildete Actinophrys Eichhornii präsentirte, die im Wesentlichen alle Charaktere des Mutterthieres an sich trug, so dass ich also nun durch beliebige Zerreissung des einen Thieres eine ganze Gesellschaft junger künstlich geborner Sonnenthierchen in den verschiedensten Grössen vor mir hatte. Die grösseren hatten bereits vom ganzen Umfang des Körpers aus zahlreiche Fäden hervorgestreckt, die kleineren weniger und die kleinsten oft nur einen einzigen langen Fortsatz, der mit breiter Wurzel austrat, so dass das ganze Object bei schwacher

Vergrösserung wie eine unipolare birnförmige Zelle aussah. Anfänglich war auch bei den grösseren Thieren noch keine deutliche Scheidung in Rinden- und Marksubstanz, wie sie sonst nach den obigen Bemerkungen allen Anderen zukommt, hervorgetreten, allmählig aber ordnete sich der Körper des jungen Sonnenthierchens ganz nach dem Vorbilde der Alten. Die dunkeln Körnchen und die kleinen Blasen zogen sich immer mehr nach dem Centrum hin und die grossen hellen Blasen gruppirten sich an der Aussenwand, so dass auch hierin bald die vollständige Uebereinstimmung mit den unter natürlichen Verhältnissen aufgefundenen Thieren hergestellt war. Ich wiederholte nun alsbald das interessante Experiment mehremale hintereinander und fast jedesmal glückte es. Bald waren es mehrere, zuweilen 20—30 Junge, die dadurch erzeugt wurden, bald nur wenige, ganz in dem Maasse, wie und in wie viele Theile das Mutterthier ursprünglich auseinander gesprengt wurde. Häufig verringerte sich auch die kleine Schaar wiederum, indem zwei schon vollständig ausgebildete Individuen, die sich nahe berührten, wieder mit einander verschmolzen durch eine gegenseitige vollständige Einverleibung.

Um nun in meinen Versuchen möglichst sicher zu gehen, da ja die Lebensthätigkeit möglicherweise bloss eine temporäre sein konnte als Ausfluss der auch in den einzelnen Theilen noch nachwirkenden aber allmählig erlöschenden Contractionskraft, beobachtete ich die junge Brut tagelang auf demselben Objectglase, auf dem sie erzeugt war oder in einem Uhrglase. Ich hatte indessen die Freude zu sehen, dass die Thierchen nicht nur in der einmal gewonnenen Selbstständigkeit verharrten, sondern sich auch noch kräftiger und vollständiger entwickelten. Andrerseits konnte ich auch, indem ich eine Menge auf natürlichem Wege erzeugter junger Sonnenthierchen aus meinen Gläsern auffischte, durch Vergleich mit meinen künstlich gebornen die vollkommne Uebereinstimmung beider feststellen, und war ich fernerhin dadurch, dass ich bei dieser Gelegenheit viele äusserst kleine Thierchen auffand, auch zu der Vermuthung berechtigt, dass die gewöhnliche Entwicklung von Actinophrys Eichhornii aus kleinsten Theilsprösslingen ihren Anfang nehme. Es fragt sich nun, wie die beschriebene seltsame Erscheinung der Theilbarkeit ihrem eigentlichen Wesen nach aufzufassen sei. Der erste Gedanke, der sich mir aufdrängte war der, dass wir es bei Act. Eichornii statt mit einem

einzelnen Thiere mit einer ganzen, innig mit einander verschmolzenen Thiercolonie zu thun haben. Die einzelnen Individuen (einfache Zellen) resp. die Mittelpuncte derselben könnten dann vielleicht durch die, wie oben beschrieben, in dem Innenraume der Marksubstanz des Stockes gelegenen Kerne repräsentirt werden. Durch diese Auffassung würde auch die Meinung, dass Act. Eichh. den Radiolarien des Meeres nahe stehe, eine weitere wesentliche Stütze finden [1]).

Dass die durch die künstliche Theilung erzeugten neuen Individuen keine im Innern des Thierkörpers schon präformirte Junge sind, widerlegt sich dadurch, dass man es gewissermassen vollständig in der Hand hat, wie viele und wie grosse Individuen man erzeugen will. Kann man das ganze Thier in zwei Hälften theilen, so wird man zwei neue Thiere erhalten, ebenso wie man, wenn diese Theilung bis zu 40 und darüber, soweit das Material und die Geschicklichkeit ausreicht, fortgesetzt wird, man 40 und mehr selbstständige Junge erhalten wird, die unter einander wiederum alle möglichen Grössendifferenzen zeigen können, und die auf der andern Seite durch Verschmelzung und gegenseitige Einverleibung ihre Selbstständigkeit zum Theil wieder aufgeben und dadurch ihre Zahl wieder reduciren können, so dass es folgerecht unter günstigen Umständen geschehen könnte, dass schliesslich die ganze auseinander gesprengte Schaar wieder in ein Individuum resp. eine Colonie vereinigt würde.

Indessen um die vorstehenden oder andere Ansichten zur Erklärung der beschriebenen Beobachtung noch näher motiviren und befestigen zu können, ist wohl noch eine genauere Untersuchung über die Genese und die Function der fraglichen Kerne und des Thieres überhaupt erforderlich, und obgleich mir bereits durch die obigen Experimente und durch Auffindung der natürlichen Jugendformen eine ganze Reihe der verschiedensten Entwicklungsstadien von Actinophrys Eichhornii vorliegen, so hoffe ich doch in späteren Mittheilungen Genaueres und Vollständigeres darüber bieten zu können.

Ich fasste nun alsbald den Entschluss mit andern mir zu Gebote stehenden grösseren Rhizopoden den interessanten Versuch zu wiederholen, um nebenbei vielleicht durch vergleichende Untersuchung näheren Einblick in die eigenthümliche Erscheinung zu gewinnen. Ich kenne seit dem Frühjahre 1866 einen Rhizopoden des süssen

1) M. Schultze: Das Protoplasma etc. S. 29.

Wassers, der alle bisher aus diesem Medium bekannten an Grösse weit übertrifft. Ich fand ihn zuerst im Bodensatz und Schlamm des Poppelsdorfer Schlossweihers in grosser Menge, suchte ihn aber später im Laufe des Sommers einigemale an derselben Stelle vergebens wieder auf, traf ihn aber vor Kurzem wiederum nicht bloss dort, sondern zugleicherzeit auch noch in einigen andern stehenden Gewässern in der Umgebung von Bonn. Derselbe hat im ruhenden Zustande eine kugelige von oben nach unten meist etwas abgeplattete Gestalt und erreicht in dieser Form häufig einen Durchmesser von 1,5 Mm. Bei auffallendem Lichte sieht er weisslich aus und man erkennt ihn desshalb in der Regel sehr leicht mit blossem Auge in dem auf einer Glasplatte ausgebreiteten Schlamm als einen weissen, stark stecknadelknopfgrossen Körper, so dass man anfangs glauben kann, ein im Wasser deponirtes Insecten- oder Wurmei (z. B. von Tubifex rivulorum) vor sich zu haben. Betrachtet man ihn nun bei schwacher Vergrösserung unter dem Mikroskope, so sieht man meistentheils wegen der im Innern massenhaft angehäuften Sand- und Schlammtheilchen, Algen, Diatomeen kleinen Krebse u. drgl. nur einen fast vollständig undurchsichtigen runden Körper, an dem im Anfang weder Bewegung noch eine besondere Structur zu erkennen ist. Lässt man aber das Auge aufmerksamer an dem äusseren Umfang dieses Objectes vorbeigehen, so gewahrt man alsbald ein sehr wechselvolles Spiel einer in stumpfen kurzen und kugeligen Fortsätzen hervortretenden hyalinen Substanz. Niemals wird ein dünnerer oder längerer Faden oder Fortsatz hervorgestreckt, sondern stets quillt das helle Protoplasma blasig in Halbkugel- oder Lappenform hervor, hin und wieder wellenförmig eine Strecke an dem Rande umherlaufend. Bald aber beginnt auch in dem eigentlichen runden Thierkörper eine innere wogende Bewegung und nach kurzer Zeit bricht an irgend einer Stelle die Inhaltsmasse nach aussen und ergiesst sich nun allmählig in ein oder mehreren breiten langen Fortsätzen über die Glasfläche hin. Diese Bewegungen gleichen im Ganzen denjenigen einer grossen Amöbe, und man kann sie dadurch verstärken oder früher einleiten, dass man vermittelst eines Deckglases einen schwachen Druck auf das Object ausübt.

Zuweilen trifft man nun auch Thiere an, die weniger Nahrung und fremde Körper in ihrem Innern aufgenommen haben und desshalb durchsichtiger sind und man erkennt an diesen bei genauer

Prüfung, dass der eigentliche Thierkörper ganz den blasigen Bau trägt, wie Actinophrys Eichhornii, nur mit dem Unterschiede, dass bei unserm Rhizopoden keine Scheidung in Rinden- und Marksubstanz vorhanden ist und weiterhin, dass viel mehr kernige und zellige Gebilde zwischen diesen Protoplasma-Blasen zerstreut liegen [1]).

Behufs des Versuchs einer künstlichen Theilung schnitt ich nun zuvörderst mit einem scharfen Messer ein Exemplar in zwei Hälften, was bei der Grösse des Thierchens ohne Schwierigkeit unter blossem Auge geschehen kann. Die beiden Theile contrahirten sich anfangs zu einem Oval und gingen dann, indem die Längsenden allmählig eingezogen wurden, in die runde Form über, wie sie vorher das ganze Thier besessen, und in der That bei genauerer und längerer Betrachtung boten die beiden Hälften ganz dasselbe Verhalten in ihrem Aeussern sowohl, wie in den folgenden Bewegungen etc. wie der Mutterkörper. Ein anderes Individuum theilte ich statt in zwei in vier Theile, indem ich jede Hälfte aufs Neue durchschnitt und auch diese gruppirten sich alsbald zu vier selbstständigen jungen Rhizopoden. Dann wiederholte ich fernerhin alle die Versuche, wie ich sie an Actinophrys Eich. vorgenommen hatte, indem ich einige Thiere mit Nadeln zerriss, andere unter dem Deckglase durch Druck zersprengte und stets erhielt ich dasselbe Resultat, wie ich es oben beschrieben habe. Es konnte also auch bei diesen Rhizopoden die Theilbarkeit eines Individuum in mehrere dem Mutterthiere vollkommen ähnliche selbstständige Junge constatirt werden.

Es sollte mir indessen an diesem Thierchen noch eine andere Ueberraschung bevorstehen. Indem ich nämlich die bei den Sprengversuchen vielfach mit ausgetretenen und isolirten Kerne, deren ich schon oben als äusserst zahlreich im Innern gelagert Erwähnung gethan, einer näheren Prüfung mit starker Vergrösserung unterzog, bemerkte ich wie zwischen diesen Kernen und sonstigen ausgetretenen Inhaltstheilen eine zahllose Menge dünner stabförmiger Körperchen in lebhafter Bewegung sich umhertummelte. Einen fadenförmigen Anhang oder dergl. konnte ich selbst bei stärkerer Ver-

1) In Rücksicht auf diesen eigenthümlichen Bau kann also der beschriebene Rhizopode nicht den eigentlichen Amöben beigezählt werden, auch nicht den Actinophryen wegen seiner amöbenartigen Bewegungen und Mangels der strahligen Pseudopodien, sondern repräsentirt eine besondere Form.

grösserung nicht auffinden, sondern nur einfache bald etwas längere bald kürzere Stäbchen, die sich meist vibrirend und oft, wie es mir schien, auch bohrend und suchend lebhaft bewegten. Fürs Erste untersuchte ich nun ein unverletztes Thier um mich zu überzeugen, dass diese Körperchen auch wirklich aus dem Innern des Ersteren stammten und nicht zufällig aus der Umgebung zwischen die ausgetretenen Kerne etc. eingeströmt seien. Ich konnte indessen bald feststellen, dass alle Individuen, so viele ich ihrer vor der Hand auffinden konnte, mit diesen Stäbchen sehr reichlich in ihrem Innern erfüllt waren. Vergeblich suchte ich dann einige Zeit nach weiteren Anhaltspuncten für die Entstehung und Natur dieser Körperchen bis ich mich wieder zu den Gebilden wandte, wovon ich bei der Untersuchung ausgegangen, nämlich den Kernen, die im unverletzten Thiere zwischen den dunkeln Inhaltsmassen allerdings nur undeutlich zu sehen waren. Durch allmählige Compression traten sie indessen doch bald klarer hervor und ich fand nun, dass viele dieser Kerne im Innern mit diesen Stäbchen ganz erfüllt und, wie es mir schien, auch zuweilen von aussen mehr oder minder regelmässig oft strahlenförmig damit umstellt waren. Die Grösse dieser stäbchenhaltigen Kapseln oder Zellen überstieg in der Regel nicht viel 0,018 Mm. im Durchmesser. Sind diese Gebilde nun parasitische Organismen, oder sind sie analog den in der Haut der Infusorien und Turbellarien vorkommenden Stäbchen, oder endlich sind es im Rhizopodenkörper gebildete und zu ihm gehörige Samenelemente? Bei der Wichtigkeit dieser Fragen einerseits, da bis jetzt bekanntlich noch niemals Spermatozoiden von Rhizopoden mit Sicherheit nachgewiesen sind und dieses Letztere natürlich für die ganze Auffassung dieser Organismen von grossem Belang wäre, und andrerseits bei der, wie man zugeben wird, grossen Schwierigkeit einer definitiven Lösung der vorliegenden Frage, ziehe ich es vor, weiteren genaueren Untersuchungen eine Entscheidung wo möglich anheimzugeben.

Schliesslich ist es nun wohl in Rücksicht auf die oben beschriebene merkwürdige Theilbarkeit der beiden Rhizopoden ausser Zweifel, dass sich dieselbe auch noch auf viele andere Rhizopodenformen, besonders die nackten, erstrecke, ja ich habe sogar allen Grund zu vermuthen, dass die beschalten nicht ausgeschlossen seien und hoffe, da ich mit weiteren Versuchen über diesen Gegenstand beschäftigt bin, auch hierüber später genauere Mittheilungen machen zu können.

Ueber die Endorgane des Sehnerven im Auge der Gliederthiere.

Von

Max Schultze.

Seitdem ich nachgewiesen habe, dass der feinere Bau der Stäbchen und Zapfen im Auge der Wirbelthiere uns zwingt, den Vorstellungen über eine katoptrische Function derselben, wie sie bekanntlich Brücke zuerst vermuthete, eine bestimmtere Form zu geben, kann es sich bei einer Untersuchung der Rolle, welche die durch Stäbchen und Zapfen vermittelte Reflexion des Lichtes auf das Zustandekommen des Sehactes ausübt, meines Erachtens wesentlich nur um Zweierlei handeln. Entweder das Licht wird desswegen an der Grenzfläche von Innen- und Aussengliedern und an den Plättchen der letzteren reflectirt, damit es von dem Innengliede, als dem eigentlichen Nervenende percipirt werde. Dann wäre das Aussenglied nur ein Spiegel, ohne Continuität mit den Nerven, folglich auch an der Perception selbst nicht direct betheiligt. Oder das Aussenglied ist selbst Nervenende, folglich percipirend. In diesem Falle sind die complicirten Reflexphänomene in seinem Innern zugleich Bedingung für die Lichtwahrnehmung. Die grosse Constanz der Plättchenstructur in den Aussengliedern lässt keinen Zweifel übrig, dass überall in ihnen verwickelte Reflexionen des Lichtes zu Stande kommen, und wenn es wahr ist, worauf Vieles hindeutet, dass der innigste Zusammenhang besteht zwischen der Substanz der Innenglieder und der Kittsubstanz zwischen den Plättchen, so würden dadurch die Aussenglieder zum eigentlichen Nerven-Endapparat. Von wie grosser, ganz fundamentaler Bedeutung in diesem letzteren

Falle die reflectirenden Apparate für die Perception sein können, hat W. Zenker in seiner Theorie der Farbenperception gezeigt [1]).

Bleiben wir bei dieser zweiten Ansicht über die Bedeutung der Aussenglieder, welche die meiste Wahrscheinlichkeit für sich hat, stehen, so wäre jede Licht- oder Farbenempfindung von der Art des Reflexes im Aussengliede abhängig, speciell nach der Zenker'schen Theorie insofern die laufenden Lichtwellen in stehende umgewandelt werden müssen, um eine Empfindung ihrer Länge hervorrufen zu können. Hat der Reflexionsapparat in der That die Bedeutung, dass ohne ihn die Empfindung, vielleicht des Lichtes überhaupt jedenfalls aber verschiedener Farben nicht möglich ist, so muss derselbe eine weitere auch auf die wirbellosen Thiere sich erstreckende Verbreitung haben. Von diesem Gesichtspuncte aus unternahm ich die Untersuchung der Augen zunächst der Gliederthiere, über deren bisherige Resultate hier einige Andeutungen Platz finden mögen.

Bekanntlich herrscht mit Rücksicht auf die Deutung der Theile des zusammengesetzten Auges der Krebse und Insecten eine Schwankung, insofern sich bisher nicht mit voller Sicherheit ausmitteln liess, welche die Function der sogenannten Krystallkegel oder Krystallkörper sei, die nämlich, allein wie eine Linse ein Bild zu erzeugen, oder diejenige zu empfinden, oder ob beide Functionen in diesen Gebilden vereinigt zu denken. Jeder welcher die umfassenden, unübertroffenen Arbeiten Leydig's über die Augen der Gliederthiere kennt, weiss, dass dieser Forscher die Krystallkegel für unmittelbare Fortsetzungen der Nerven, für die Endgebilde der Sehnervenfasern hält. Liegt somit ein Grund vor, in ihnen wie in den Aussengliedern von Stäbchen und Zapfen die Umwandlung von Lichtreiz in Nervenbewegung zu erwarten, so muss in denselben nach Plättchenstructur gesucht werden. Demgemäss habe ich die Krystallkörper einer grossen Zahl von Insecten und einiger Krebse mittelst sehr starker Vergrösserungen frisch und unter Beihülfe von Reagentien untersucht. Ich habe aber keine Plättchenstructur, welche jener der Aussenglieder vergleichbar wäre, aufgefunden. Das Einzige, was mich an das Gesuchte erinnerte, ist das Verhalten der chitinisirten, mit der Hornhaut verwachsenen Krystallkegel z. B. bei Lampyris, an welchen man Andeutungen einer Schichtstreifung erkennt. Aehnliches

1) Dieses Archiv Bd. III, p. 248.

meldet Leydig von Elater noctilucus [1]). Die zwar nicht chitinisirten aber doch recht resistenten Krystallkörper der Nachtschmetterlinge lassen im trocknen Zustande ebenfalls eine Andeutung dieser Schichtung wenigstens insofern wahrnehmen, als sie quere Spalten und Bruchflächen aufweisen. Aber die zarteren Krystallkörper der Tagschmetterlinge, der Dipteren, Orthopteren und vor Allem die mächtigen Krystallkegel der Krebse zeigen Nichts von solcher Differenzirung. Von dieser Seite her wären also keine Anhaltspuncte zu gewinnen für die Ansicht, dass in den Krystallkörpern des Arthropoden-Auges ähnliche Vorgänge ablaufen wie in den Aussengliedern der Wirbelthier-Stäbchen.

Dagegen kommen den Aussengliedern vergleichbare Bildungen hinter den Krystallkörpern der Arthropoden vor. Gottsche's gerippte Doppelpyramiden des Krebsauges [2]), deren genauere Kenntniss bei Krebsen und anderen Gliederthieren wir Leydig [3]) verdanken, sind, wie letzterer bereits wiederholt ausgesprochen hat, den Stäbchen der Wirbelthier-Retina vergleichbar. Sie stellen aus vier oder acht Strängen zusammengesetzte kantige Stäbe dar, mit deutlicher Querstreifung. »In Wasser, noch mehr in Essigsäure quellen sie auf, krümmen sich, schlängeln sich etc., sie zeigen eine feine Querstrichelung, die auch an den grossen Stäben der nackten Amphibien namentlich nach Wasserzusatz erkennbar ist« (Leydig Histiologie p. 250). Dass diese quergereiften Körper mit den Sehnerven zusammenhängen, scheint ausser Zweifel. Nach Leydig setzen sie sich continuirlich auch in die sogenannten Krystallkegel fort. Beide zusammen erst werden demgemäss von Leydig dem Stratum bacillosum der Wirbelthier-Retina verglichen.

Meinen Untersuchungen zufolge erstreckt sich die Uebereinstimmung in dem Bau der quergestrichelten Körper der Krebsaugen und der Aussenglieder der Stäbchen und Zapfen noch weiter. Zunächst ist die Ursache der Querstrichelung eine exquisite Plättchenstructur. Jeder der vier oder acht Stränge, aus denen die Nervenstäbe zusammengesetzt sind, ist selbstständig geschichtet, und besteht z. B. beim Flusskrebs aus circa 3 Mikromillimeter dicken Platten, welche abwechselnd roth gefärbt und farblos sind, und

1) Müller's Archiv 1855, p. 420.

2) Müller's Archiv 1852, p. 485, Taf. XI Fig. 3 und 4 i.

3) Müller's Archiv 1855, Histiologie p. 251, Das Auge der Gliederthiere 1864, p. 23.

deren ich wiederholt 20 zählte. Die farblosen springen oft über die rothen äusserlich ein wenig hervor, so dass der Nervenstab auf der Oberfläche crenelirt erscheint. Bei starker Vergrösserung erkannte ich in den dicken Platten, namentlich den rothen eine bei Quellung noch deutlicher hervortretende äusserst feine secundäre Schichtung. Bei den wenigen Seekrebsen, welche ich bisher lebend untersuchen konnte, und welche ich der Güte des Directors des Hamburger zoologischen Gartens verdanke, nämlich bei Palaemon serratus, Carcinus Maenas und Pagurus Bernhardus sind alle Platten farblos. Ihre Zahl ist hier viel grösser als beim Flusskrebs, und die Dicke derselben geringer. Letztere beträgt bei Palämon 1,9 bei Pagurus Bernhardus 2 Mik. Sekundäre Schichtungen sind mir bei diesen Krebsen nicht aufgefallen. Dass aber auch hier abwechselnde Schichten eine verschiedene Natur haben, geht aus dem Umstande hervor, dass das dunkle Pigment, welches die fraglichen Körper stets ganz einhüllt, an jedem zweiten Plättchen fester haftet als an dem vorhergehenden, so dass nach möglichst sorgfältigem Entfernen des Pigmentes die gestreiften Nervenstäbe mit queren schwarzen Bändern gezeichnet erscheinen. Dies sieht man auch leicht an Spirituspräparaten, wenn sie gut erhalten sind, deren mir von vielen Seekrebsen zu Gebote standen. Die rothe Färbung der Plättchen des Flusskrebses lässt sich aber nicht conserviren, wie ich sie denn auch an keinem Spirituspräparat anderer Krebse wiedergefunden habe.

Sodann aber, und dies ist für die Vergleichung mit den Aussengliedern der Wirbelthier-Stäbchen von der grössten Wichtigkeit, scheint es, als wenn der geschichtete Nervenstab des Krebsauges das letzte Ende des Nerven darstellt, und allein als percipirendes Endorgan aufgefasst werden dürfe. Beim Flusskrebs und den genannten Seekrebsen, welche ich frisch untersuchen konnte, überzeugte ich mich, dass die in Rede stehenden Nervenstäbe gegen die Krystallkegel scharf abgesetzt aufhören. Was bisher unbekannt war ist dies, dass die Krystallkegel mit einem vierzipfligen Ende auf einer halbkugligen Anschwellung des Nervenstabes aufsitzen, ohne mit letzterem in Continuität zu stehen. Der geschichtete Nervenstab endet mit einem kuglig gewölbten Knopf, und diesem passt sich mit einer entsprechenden Concavität der in vier feine Zipfel ausgezogene Krystallkörper an, indem er jenen wie mit vier Armen umklammert. Zwischen beiden Theilen, die wie Gelenkkopf

und Gelenkpfanne aufeinander sitzen, besteht allem Anscheine nach keine Continuität. Dies ist am besten an frischen Augen zu sehen, welche ein bis zwei Stunden in ein- bis zweiprocent. Lösung von Ueberosmiumsäure gelegen haben, und die man nachher in Wasser untersucht und in Glycerin aufbewahrt.

Was andere Arthropoden, Mollusken und Würmer betrifft, so behalte ich mir weitere Mittheilungen vor. Dass auch bei Insecten, z. B. Käfern, Querstreifungen in der »vierkantigen Anschwellung« des Nervenstabes vorkommen, ist durch Leydig bekannt geworden [1]). Dieselben sind oft von der grössten Feinheit, wie z. B. bei den Nachtschmetterlingen, wo ich sie an der Stelle entdeckte, welche Leydig in seinen Tafeln zur vergleichenden Anatomie Taf. X, Fig. 2 e von Sphinx Atropos abbildet, und welche statt von Pigment ganz von feinen Tracheen umsponnen ist. Sie lassen sich auch hier auf Plättchenstructur zurückführen.

1) Müller's Archiv 1855, p. 418.

Bonn. Druck von Carl Georgi.

Beitrag zur Kenntniss der Lymphwege der Vögel.

Von

Dr. S. Kostarew
aus Moskau.

Hierzu Taf. XXI.

Schon in der zweiten Hälfte des 17. und dem Anfange des 18. Jahrhunderts haben einige Naturforscher die Saugadern der Vögel gelegentlich beobachtet (Swammerdam, Jacobaeus, Lang, J. Hunter). Dennoch war selbst A. Monro (dem Einige die Entdeckung der Lymphgefässe der Vögel ohne Grund zuschreiben) höchst erstaunt, als er zufällig ein solches Gefäss auf dem Testikel eines Hahnes bemerkte[1]; so wenig stimmte dieser Befund mit der damals herrschenden Ansicht überein, nach welcher die Venen die Function des Saugadersystems bei Vögeln verrichten sollten! Erst seit Hewson's[2]) Forschungen kann das Lymphgefässsystem in dieser Thierclasse als erwiesen angesehen werden. Dieser war bekanntlich der Erste, der mit allem damals möglichem Erfolge die Lymphgefässe der Gans mit Quecksilber füllte und davon eine Zeichnung veröffentlichte, welche (wenn auch in ziemlich mangelhafter Form) die Hauptbahnen der Lymphe bei dieser darstellte.

---

1) »In Gallo tamen gallinaceo vasculum bis deteximus, quod admirationem excitavit etc.« Dissert. de testibus et semine in variis animalibus. Edimb. 1755. c. 12. § 3. (s. unten die Lauth'sche Arbeit.)

2) An account of the lymphatic system in birds. Philosoph. Trans. 1769. Vol. LVIII. p. 217.

Seither haben viele Anatomen dasselbe Verfahren wiederholt und sich bemüht, soweit die damals befolgten Untersuchungsmethoden es gestatteten, den Gegenstand zu specialisiren, indem sie einerseits die Communicationsstellen zwischen Lymphgefässen und Venen (Tiedemann[1]), Fohmann[2]), Lauth[3]) u. A.) genauer beschrieben, andererseits die benannten mit Klappen versehenen Erweiterungen dieser Canäle, die sog. Lymphherzen (s. Panizza[4]), Stannius[5])) nachwiesen.

Dessenungeachtet blieb die peripherische Verbreitung sowohl der Lymph- als der Chylusgefässe noch lange Zeit vollständig unbekannt; ja die Existenz selbst der peripherischen Netze wurde nicht bloss nicht nachgewiesen, sondern sogar öfters bezweifelt. So suchte noch vor zehn Jahren Cl. Bérnard[6]) für die Theorie der Fetteinsaugung in den Gedärmen der Vögel die alte Ansicht seines berühmten Vorgängers aufrecht zu erhalten, der, obgleich durch die Lauth-schen Präparate zur Anerkennung der Existenz der Lymphgefässe auf dem Gekröse der Gans genöthigt worden, doch immer zu behaupten fortfuhr, dass bei den Vögeln nicht die Lymphgefässe, sondern die Venen den Chylus resorbiren[7]). Diese ohne hinlängliche Gründe von Bérnard wieder ausgesprochene Meinung rief eine Berichtigung von Basslinger[8]) hervor, der, die anatomische Seite der Beweisführung des französischen Gelehrten wiederlegend, auf die augenfälligen, ohne besondere anatomische Manipulationen leicht zu constatirenden Erscheinungen aufmerksam machte, welche zu Gunsten der Existenz der Chylusgefässe bei Vögeln in voller anatomischer Bedeutung des Wortes den besten Beweis liefern. Er wies nämlich

---

1) Anatomie und Naturgeschichte der Vögel. 1810. Bd. I. S. 533.

2) Anatomische Untersuchungen über die Verbindung der Saugadern mit den Venen. Heidelberg 1821. S. 63.

3) Mémoire sur les vaisseaux lymphat. des oiseaux et sur la manière de les préparer. Ann. d. sc. nat. 1824. T. 3. p. 381.

4) Osservazioni antropo-zootomico-fisiologiche. Pavia 1830. Tab. IX.

5) Müller's Archiv 1843. v. auch sein Lehrbuch der vergleichenden Anatomie. Berlin. 1846.

6) Léçons de physiologie experimentale. Paris 1856.

7) Ann. d. sc. nat. l. c. p. 410. Journ. de physiol. 1821. T. I.

8) Ueber die Chylusgefässe der Vögel. Zeitschrift f. wissensch. Zoologie. Bd. IX. 1858. S. 301—303.

auf die in den Darmwandungen sich findenden, schon bei normalen Verhältnissen gefüllten Canäle oder Lymphnetze und auf die in den Zotten vorhandenen Lymphräume hin, welche unter gleichen Bedingungen mit dem mikroskopisch und chemisch ganz ähnlichen Chylus gefüllt sind, wie er sich in den oberflächlichen Netzen vorfindet. Was in dieser Beziehung noch ferner nachzuweisen blieb, war die Communication der letztgenannten Netze mit den Lymphräumen der Zotten. Dazu jedoch genügte die blosse anatomische Untersuchung nicht, da die in der ausserordentlich dicken Muskelschicht des Vogeldarmes liegenden und durch die eigenthümliche Zartheit ihrer Wandungen sich auszeichnenden leeren Communicationszweige mit freiem Auge kaum erkannt werden. Um diese sichtbar zu machen, dazu erforderte es der künstlichen Füllung, und Hyrtl [1]) war es, der diesen Mangel zu ergänzen suchte, indem er bei grossen Vögeln (Rhea, Otis, Struthio) von den Lymphgefässen des Gekröses aus, die die Einführung einer Canüle wohl gestatten, die feineren Bahnen injicirte. Er füllte nämlich die kalte gefärbte aus Wachs und rectificirtem Terpentinöl bestehende nicht erstarrende Masse vermittelst eines steten, allmählig die weiter liegenden Klappen öffnenden Druckes. In den herausgeschnittenen einzelnen Zotten beobachtete dieser Forscher ganze Bündel von Chylusgefässen (3—6), die in der Zottenachse bis in die Nähe des freien Randes aufstiegen und in einiger Entfernung von demselben vermittelst der in der Richtung gegen die Darmhöhle zu erheblich ausgeweiteten Communicationen in einander übergingen. An der Basis der Zotten münden diese Gefässe in sehr breite, dem blossen Auge schon sichtbare, der Richtung der Zottenlinien parallel laufende und zu einem dichten submukösen Lymphgefässnetze werdende Ströme ein; von wo aus sie, nach Hyrtl's Meinung, ihre Vasa efferentia durch die Muskelschicht in das subseröse Bindegewebe schicken und so endlich in das interperitoneale Bindegewebe des Gekröses gelangen.

Diese Mittheilungen von Hyrtl habe ich desshalb etwas ausführlicher angegeben, weil (nach den mir hier zugänglichen littera-

---

1) Der Ursprung der Chylusgefässe. Oesterr. Zeitschr. f. prakt. Heilkunde. 1860. VI. No. 21. — Leider konnte ich mir das Original dieser Arbeit nicht verschaffen und musste mich daher mit dem davon handelnden Referate in dem »Canst. Jahresb. 1860« begnügen.

rischen Hülfsmitteln zu schliessen) dies das Einzige ist, was bisher factisch über die peripherische Verbreitung der Lymphgefässe der Vögel bekannt geworden ist. Einerseits konnte ich in der Litteratur über die oberflächlichen Lymphnetze keine weiteren Angaben finden; andererseits liegen, soviel ich weiss, keine Berichte über Chylusgefässinjectionen bei kleineren Vögeln vor, möglicherweise in Folge der Schwierigkeit dieser Art von Untersuchungen. Bei diesem Stand der Frage hoffe ich, dass folgende hierauf bezügliche kurze Mittheilungen nicht unerwünscht sein werden.

Was die peripherischen Lymphbahnen auf der Körperoberfläche der gewöhnlichen Hausvögel (Hühner, Enten) anbetrifft, so ist ihre Verbreitung in der Haut derjenigen bei Säugethieren nicht unähnlich; sie behalten aber auch hier ihren allgemeinen Charakter, in sofern sie wegen der ausserordentlichen Zartheit des Unterhautzellgewebes keine selbständigen Communicationen mit tieferliegenden Schichten einzugehen scheinen, sondern begleiten immer die Hautzweige der Blutgefässe, indem sie dieselben mit ihren feinen Netzen umspinnen. Doch giebt es ein Organ, welches in dieser Hinsicht besondere Aufmerksamkeit verdient, sowohl wegen eigenthümlicher Regelmässigkeit und Beständigkeit in der Verbreitung seiner Lymphgefässe, als auch wegen seiner Brauchbarkeit zu gewissen pathologischen Experimenten. Ich meine den Kamm des Hahnes. Ich muss gestehen, dass gerade die Injectionen dieses Organs, welche zu ganz anderem Zwecke vorgenommen wurden, mich zuerst auf das Saugadersystem der Vögel aufmerksam machten, und Prof. Eberth, dem ich meine Präparate vorlegte, lud mich freundlich ein, meine über diesen Gegenstand im path.-anat. Institut zu Zürich gemachten Beobachtungen zu veröffentlichen, wobei er auf die Mangelhaftigkeit sicherer Kenntnisse über diesen Gegenstand hinwies. Ich will desswegen zuerst bei der Betrachtung dieses Organs etwas länger verweilen.

Wenn wir als normale Form des Kammes denjenigen eines gewöhnlichen Hahnes mittleren Alters (am besten eines einjährigen) annehmen wollen, welcher durch Feinheit, Zartheit und gleichmässige Dichtigkeit sich auszeichnet, so kann man die allgemeine Structur dieses Organs kurz als eine Duplicatur der Cutis mit einiger Modification des Gewebes und gewisser charakteristischer Eigenthümlichkeit in der Verbreitung der Gefässe (und vielleicht der Nerven) auffassen. In welcher Richtung man auch einen Querschnitt durch den Kamm führt, immer stellen sich dem blossen Auge schon dreierlei

Schichten dar: nämlich eine peripherische (Fig. 1 a), eine centrale und eine zwischen beiden sich befindende intermediäre Schicht (Fig. 1 b). Das Centrum in der ganzen Ausdehnung des Organs besteht aus mächtigen Bindegewebsbündeln, welche unmittelbar von der verdichteten Beinhaut des Schädels ausgehend, sich durch den ganzen Kamm bis in seine kronenförmigen Spitzen fächerartig hindurchziehen. Diese Hauptbündel senden während ihres Aufsteigens von Zeit zu Zeit nach beiden Seiten hin weniger mächtige Züge, welche sich etwas bogenförmig nach der Peripherie hinziehen, wo sie, an die Oberhaut heranrückend, sich zertheilen oder, genauer gesagt, allmählig ausbreiten, bis sie endlich theils in den Wandungen der hier befindlichen Gefässe sich verlieren, theils sich nach innen zurückbiegen und dadurch die zu der Fläche des Kammes vertical stehenden ovalen Räume bilden, in deren Innerem sie sich endlich zu feinsten Bündelchen oder einzelnen Fibrillen zu zerspalten scheinen. Denken wir uns nun zu den in zwei Hauptrichtungen verlaufenden Bindegewebsbündeln noch eine gewisse Quantität elastischer Fasern, und stellenweise einzelne wahrscheinlich organische Muskelzellen, so haben wir die Anlage oder das Skelet des Kammes.

Betrachten wir näher die Grundsubstanz dieses Bindegewebes, so bemerken wir, dass je mehr es sich vom Centrum entfernt, desto mehr seine Beschaffenheit verändert; es wird allmählig lockerer, weicher, halbflüssig, homogen, schleimartig; die Bindegewebszellen treten deutlicher hervor; sie besitzen deutliche Kerne und Kernkörperchen, werden sternförmig, bekommen lange feine, mit den oben erwähnten feinsten Fibrillen zusammenhängende Fortsätze. Kurz, in den ovalen durch die Bündel zweiter Ordnung gebildeten Räumen finden wir schon das Gewebe, welches seinem Ansehen nach an das Schleimgewebe am besten erinnert, indem es auch hier, besonders an älteren Individuen, die deutliche Mucinreaction darbietet.

In der peripherischen Schichte scheint das intervasculäre Bindegewebe, welches hier die Fortsetzung der oben erwähnten Bündel ist, offenbar auch nicht überall von gleicher Dichtigkeit zu sein. Stellenweise und häufiger gerade dort, wo die Bündel der zweiten Ordnung sich in den Gefässwandungen verlieren, kann man sie bisweilen bis auf die Epidermis verfolgen, welche hier tiefer in das Gewebe eindringt, als ob sie fester an dieser Stelle zurückgehalten wäre, während die unmittelbar daneben liegenden Theile, welche jener Bündel entbehren, oder wo letztere das Ansehen einer mehr

straffen, formlosen, nur Kerne führenden Bindegewebes angenommen haben, — diese Partieen sich bestimmter auf der Oberfläche hervorwölben, indem sie dadurch dieser letzteren ihre unebene, höckerige wie granulirte Form verleihen.

Gemäss den drei beschriebenen Schichten bieten auch die Blutgefässe selbst einen verschiedenen Charakter dar. Die peripherische Schicht (bis auf ein Mm. dick) zeigt sich an injicirten Kämmen sehr intensiv und regelmässig gefärbt mit ihrem äusseren, unebenen, wellenförmigen und ihrem inneren, ebenen und weniger scharf hervortretenden Rande, welcher in die dem blossen Auge ganz ungefärbt scheinende, mittlere Schicht übergeht (Fig. 1 a). In dem Centraltheile sieht man gewöhnlich, je nach der Richtung, die Längs- oder Querschnitte der grossen, bis zu $1/2$ Mm. starken Blutgefässe (Arterien und Venen). Diese steigen in den centralen Bindegewebsbündeln senkrecht auf (Fig. 2 e), und verbinden sich, ausser zahlreichen Anastomosen, gewöhnlich durch ein in derselben Ebene liegendes Capillarnetz, welches hier offenbar für die Ernährung dieses mittleren Theils bestimmt ist (Fig. 2 f). Nach vorn zu in den jüngeren Partieen des Organs, wo die benannten Spitzen noch nicht zur Entwicklung gekommen sind, pflegen die Hauptstämme durch Arcaden mit einander verbunden zu sein (Fig. 1 d), von welchen aus schon die kleineren Blutgefässe bündelweise bis auf die Enden des Kammes weiter hinaufsteigen. Bei ihrem Aufsteigen nun senden die Centralgefässe in gewissen Abständen seitlich nach der Peripherie Zweige (0,02—0,03 Mm. dick), welche der Richtung der Bündel zweiter Ordnung genau zu folgen scheinen und ihrem Bau nach, beiläufig gesagt, mehr den Venen als den Arterien ähnlich sind. Diese Zweige theilen sich mitunter gleich nach ihrem Anfang dichotomisch und gelangen so zur Peripherie (Fig. 2 e); meistentheils aber, nachdem sie den Raum bis zur peripherischen Schicht mehr oder weniger gerade durchlaufen haben (wobei sie die weiter unten zu besprechenden seltenen anastomotischen Aestchen aussenden), spalten sie sich in drei bis vier und mehr feinere Zweige, von welchen die mehr seitlichen feineren unter einander sich vereinigen und das tiefere feinere Capillarnetz der äusseren Schicht bilden (Fig. 2 c); die gerade auslaufenden aber, ohne an Umfang zu verlieren und zuweilen etwas gewunden, unmittelbar in den oberflächlichen Gefässplexus treten, welcher seinem Bau nach sich kaum von dem gewöhnlichen cavernösen Gewebe unterscheidet, welches hier die benannte rothe Färbung

des Kammes bedingt (Fig. 2 b). Diese oberflächliche cavernöse Schicht ist über die ganze Peripherie hin von gleichem Aussehen und gleicher Beschaffenheit; dagegen scheint das tiefere Capillarnetz (Fig. 2 c), der äusseren Schichte in verschiedenen Parthien sehr verschieden ausgeprägt zu sein. Während es in den Spitzen so bedeutend entwickelt ist, dass es als ein dichtes, ziemlich regelmässiges Netz zwischen den Zweigen zweiter Ordnung bis auf das Centrum hin erscheint, beinahe ohne an Umfang der Capillaren den verbindenden Zweigen nachzustehen, zeigt es sich mehr nach unten zu nur unmittelbar unter dem cavernösen Gewebe; tiefer ist es schon auf sehr feine und seltene Communicationszweige reducirt, wobei das Netz selbst mit seinen sehr breiten unregelmässigen Maschen nur an den Flächen, gar nicht aber an Querschnitten zu constatiren ist. Letzteres zeichnet sich, ausser der Unregelmässigkeit der Mäschen, noch durch die vorkommenden doppelten Anastomosen der Capillaren aus; so nämlich, dass die von einem Gefässe sich trennenden zwei Aestchen von sehr ungleichem Caliber, indem sie etwas bogenförmig und einander parallel verlaufen, sich unterwegs durch zahlreiche feine Anastomosen mit einander verbinden, ehe sie in einen anderen Gefässzweig hineintreten. — Das ist beinahe alles Wesentliche, was über die Verbreitung der Blutgefässe des Kammes vorangeschickt werden musste. Die beigelegten Abbildungen, deren schöne und naturgetreue Ausführung ich der freundlichen Theilnahme des Hrn. Prof. Eberth selbst verdanke, werden vielleicht besser als irgend welche weitläufigere Beschreibung die betreffenden Verhältnisse veranschaulichen können.

In Bezug auf die Nerven des Kammes will ich mich vorläufig mit der Bemerkung begnügen, dass das betreffende Organ an denselben sehr reich zu sein scheint. Wenigstens habe ich an allen Querschnitten in dem Centraltheile stets mehrere ziemliche Nervenstämme beobachtet, von welchen auch stellenweise noch mit bindegewebigen Scheiden versehene Stämmchen sich zu den peripherischen Schichten begaben, wo ich sie nicht weiter verfolgt habe.

Wenn man nun nach einer möglichst vollständigen Injection der Blutgefässe, z. B. mit roth gefärbter Leimmasse, vermittelst eines oder mehrerer unterhalb der cavernösen Schichte gemachter Einstiche, eine wässerige Lösung von Berlinerblau vorsichtig einzuführen versucht, so gelingt es nicht selten, auf ziemliche Strecke ein neues eigenthümliches Netz von Canälen zu füllen, die, sowohl nach ihren

Anastomosen als auch nach ihrem Verhalten zu den Blutgefässen, für nichts Anderes als für Lymphbahnen angenommen werden können. Auf den Querschnitten, unmittelbar unter der intensiv gefärbten rothen cavernösen Schicht, erscheint unter solchen Umständen ein blau oder bläulich gefärbter Streifen, welcher indessen ziemlich weit vom Centraltheil abzustehen scheint und der die Lage der cardinalen Lymphcapillarnetze des Organs bezeichnet (Fig. 2 d). Die centrale Schicht pflegt dabei auch eine bläuliche Nüancirung anzunehmen, welche in der Regel etwas über die Grenze derselben hinausgeht. Bei der näheren mikroskopischen Untersuchung stellt es sich heraus, dass unmittelbar unter dem cavernösen Gewebe, ja theilweise in diesem selbst, zwischen den Maschen des tieferen Blutcapillarnetzes sich ein anderes selbständiges Netz hinzieht, dessen viereckige, meistens unregelmässig rhombische Schlingen aus gleichmässigen, durchschnittlich 0,01 Mm. starken Canäle gebildet werden. Dieses Lymphnetz, welches zwei- bis dreischichtig die ganze Peripherie des Kammes umzieht, scheint in seiner ganzen Ausdehnung von vollkommen gleichem Aussehen und Charakter zu sein. Am Grunde des Organs steht es mit den Lymphcapillaren der Cutis in Zusammenhang; mit anderen Communicationszweigen aber, welche die Blutgefässe zweiter Ordnung begleiten, geht es in ein Lymphnetz der Centralschicht über. Diese Communicationszweige, welche hier als wirkliche Vasa efferentia betrachtet werden können, theilen sich meistens je zwei von dem Hauptnetze gerade an den Stellen ab, wo die erwähnten Blutgefässe sich zu verzweigen und in das cavernöse Gewebe überzugehen beginnen. Nun pflegen diese Lymphstämmchen bei ihrem weiteren Verlauf entweder einfach neben dem Blutgefäss von beiden Seiten hinabzusteigen und mit einander unterwegs durch kurze Anastomosen zu verbinden, oder sie umringen gerade das letztere, indem sie rankenartig dasselbe umspinnen. Zum Centraltheile heranrückend, münden diese begleitenden Gefässe entweder geradewegs in ein hier befindliches Lymphnetz ein, oder sie trennen sich vorläufig von dem begleiteten Blutstämmchen los, um unter mehr oder weniger schiefem Winkel die Centralschicht zu erreichen. Dabei behalten immer die Lymphgefässe ihre selbständige Wandungen und verlaufen nur paravasculär; weiter in der Centralschichte selbst hingegen scheinen sie stellenweise inniger mit den Arterien verbunden zu sein und, wenn ich mich nicht irre, glaube ich sie mitunter in der Adventitia selbst beobachtet zu haben. Was aber noch von besonderem Inter-

esse sein muss und was ich jetzt nicht ohne gewisse Reserve hervorheben darf, das ist, dass ich zuweilen die Lymphgefässe in den Nervenscheiden (also perinervös verlaufend) gesehen habe. [1]) Die weitere Prüfung dieser interessanten Beobachtung will ich mir vorbehalten.

Was nun den weiteren Verlauf der Lymphbahnen in der Centralschichte anlangt, so bieten hier die letzteren schon einen bedeutend grösseren Umfang dar, indem sie beinahe um das Doppelte diejenigen des peripherischen Netzes übertreffen. Hier, verschiedentlich unter einander anastomosirend, bilden sie ein centrales Lymphnetz, welches, gleichwie das dazwischen liegende Blutcapillarnetz, an Längsschnitten am besten studirt werden kann. Gegen die Basis des Organs zu fliessen diese lymphführenden Canäle zu grösseren, schon dem blossen Auge sichtbaren Stämmchen zusammen, welche sich, ohne die Blutgefässe zu verlassen, nach vorne zuerst dem inneren und dann dem unteren Orbitalrande parallel hinuntersteigen, indem sie die Gesichtsarterie und Vene mit ihrem dichten Netze umspinnen. Einmal an dem Unterkiefergelenk vorbei, verlassen die Lymphgefässe die tiefer liegende Arterie, um in zwei bis drei Stämmchen vereinigt, die Jugularvenen bis auf die in dem untern Theil des Halses sich vorfindenden Lymphdrüsen unmittelbar zu begleiten. Die gewöhnlich unter der Rachenhöhle liegende, die beiden Jugularvenen verbindende, quere, starke Anastomose pflegt auch bei der Injection des Kammes, gleichwie diese letztere durch rankenartig herumlaufende Lymphgefässe umsponnen zu sein. Bis zu diesen Stellen gelang mir in glücklichen Fällen durch Einstichsmethode die Saugadergefässe zu füllen.

Indem ich nun zu den Lymphgefässen oder eigentlich zu den Chylusgefässen der Gedärme unserer Hausvögel übergehen will, kann ich nicht umhin, ein paar Worte über die Mangelhaftigkeit dieser Untersuchungen voran zu schicken. In der That bieten diese letzteren schon von sich selbst nicht unbedeutende technische Schwierigkeiten

---

1) Etwa so, wie sie Stricker an der Nickhaut des Frosches beobachtet hat und mir ganz neulich an derselben Membran der Rana esculenta durch Chlorgold darzustellen gelungen ist.

dar, welche von Allen, die mit diesem Gegenstande sich beschäftigen, wohl anerkannt worden sind. Andererseits vereitelt die Dünnheit der Darmwandungen bei der relativen Dicke und Stärke der circulären Muskelschicht nur zu oft die Versuche der Einstichmethode. Ungeachtet der sonst vollkommen genügenden Durchdringlichkeit der in der neueren Zeit dazu anwendbaren Flüssigkeiten sind es immer die Ausnahmsfälle, wo man dieselbe aus dem s. g. subserösen in das submuköse Netz und in die Zotten hinaufzutreiben vermag. Mir wenigstens gelang es bisher in einer grossen Zahl von Versuchen nur zweimal und noch in einer ziemlich beschränkten Ausdehnung. Ich erlaube mir aber trotzdem die Resultate hier mitzutheilen, als die Zahl der hierüber publicirten Untersuchungen bekanntlich sehr gering und die letzteren theilweise fragmentarisch sind. Was das s. g. subseröse Lymphnetz des Darmcanals anbetrifft, so lässt es sich (besonders bei Enten) ziemlich leicht füllen mit der erwähnten Berlinerblaulösung vermittelst eines unter die Längsmuskelhaut hineingeführten scharf gespitzten Canülchens; und dabei in einer ziemlich bedeutenden, jedenfalls hinreichenden Strecke, um in seinen hauptsächlichen Eigenschaften studirt werden zu können. Dieses Netz scheint in der ganzen Länge des Dünndarms vom Magen an bis auf die Einmündungsstelle der Blinddärme vollkommen gleich beschaffen zu sein. Man sieht überall (Fig. 3), dass die Hauptzweige der arteriellen und venösen Mesenterialgefässe, welche neben und einander parallel von dem Gekröse aus senkrecht auf die Darmoberfläche hinauftreten, stets jederseits von einem Lymphgefäss begleitet werden. Diese behalten hier noch denselben Charakter, den sie auf dem Gekröse darbieten, nämlich dass sie bei ihrem Fortschreiten auf beiden Seiten eines Blutgefässpaares durch zahlreiche charakteristische, unregelmässig eckige Anastomosen mit einander verbunden sind, welche ich stellenweise das Blutgefäss geradezu ringförmig umschlingen gesehen habe. Diese begleitenden Lymphgefässe besitzen vollkommen selbständige Wandungen.[1] Schon ehe die erwähnten Blutgefässe sich zu verzweigen beginnen, um die bekannten arcadenartigen Verbindungen mit den nachbarlichen Zweigen

1) Was bei nackten Amphibien an dieser Stelle gerade die Regel zu sein scheint. (v. Langer, Ueber das Lymphgefässsystem des Frosches. Separatabdruck aus dem LIII Bd. der Sitz.-Berichte d. Wien. Akad. S. 13.)

einzugehen, senden die lymphführenden Canälchen gleich grosse seitliche Aestchen ab, welche der Darmachse parallel verlaufen, bis sie mit einem gleichen, von dem andern begleitenden Stämmchen abgehenden Aestchen zusammenfliessen. Diese Verbindung geschieht nun entweder unmittelbar, oder es spalten sich vorläufig die Lymphgefässe dichotomisch, um dann zusammengeflossen eine mehr oder weniger in die Länge gezogene Schlinge zu bilden. Die daneben liegenden anastomosirenden derart. Zweige verbinden sich ausserdem nicht selten bei dem Zusammenfliessen durch eine kurze quere Anastomose, welche zuweilen einen weit grösseren Umfang als die verbindenden Stämmchen selbst darbieten kann. Ist diese Erscheinung noch etwas mehr ausgesprochen, so haben wir die bekannten sinusartigen Erweiterungen, in welche drei bis fünf Canälchen hineinfliessen. Stellenweise ferner sieht man auch lange, zur Darmachse schräg hinziehende Anastomosen, welche an Umfang den verbundenen Stämmchen nicht nachstehen.

Ein auf solche Weise gebildetes Lymphgefässnetz, welches sich ebensowohl durch seine unregelmässigen in der Richtung der Darmachse gezogenen Schlingen als durch zarte und sehr seltene Klappen auszeichnet, liegt sammt den oben erwähnten grösseren Blutgefässen unmittelbar unter dem serösen Ueberzug des Darmes. Von diesem ächten subserösen Netze gehen nun von Zeit zu Zeit kurze Anastomosen ab, welche senkrecht oder etwas schief (je nach dem Contractionszustand der Musculatur) die Längsmuskelschicht durchbohrend, sich mit einem anderen feineren, sammt den Blutcapillaren zwischen Längs- und Ringsmuskelschicht liegenden Lymphnetze vereinigen. Hier begleitet je ein Lymphgefäss die Blutcapillare, besonders wo letztere mehr in die Länge gezogene Maschen bilden; andererseits aber pflegen auch hier die Lymphgefässe ihren unabhängigen, charakteristischen Verlauf beizubehalten, indem sie immer mehr der Längsachse parallel gezogene Schlingen darstellen. Ausser den kurzen anastomotischen Zweigchen zu diesem intermusculären Netze (welches hier offenbar dem Auerbach'schen interlaminären der Säugethiere correspondirt), treten aus dem subserösen noch andere selbständige Zweige hervor, welche sich theils mit Blutgefässen, theils unabhängig durch die ganze Muskelschicht hindurch mit dem submukösen Lymphnetze unmittelbar verbinden. Diese abführenden Gefässe, welche eine directe Communication zwischen eigentlichen Chylusbahnen und subserösen Lymphbahnen ver-

mitteln und somit die ächten Vasa efferentia chylifera darstellen, sind es gerade, welche bei der Injection dem Durchdringen der Flüssigkeit in die Schleimhautgefässe die Haupthindernisse darbieten; weil nämlich bei der rasch eintretenden Todtenstarre in der sie umgebenden starken Ringsmuskelhaut sie begreiflicherweise leicht vollkommen undurchgänglich werden. In jenen zwei glücklichen Fällen, wo es gelang, die Zotten recht zu füllen und wo ich die so eben besprochenen abführenden Gefässe zu beobachten Gelegenheit hatte, konnte ich auch in Bezug auf die Chylusbahnen in dem Zottenparenchym selbst die Beobachtungen von Hyrtl im Wesentlichen bestätigen. Sie erscheinen hier immer als sehr breite, in jeder Zotte senkrecht aufsteigende, blind und etwas kolbenförmig endigende Röhren, welche an Zahl je nach der Breite der Zotte sehr wechselten. Während in den schmalen Zotten ein bis zwei solcher Röhren vorkommen, habe ich in den breiten drei bis sechs constatiren können. Nun pflegen diese Chylusräume nur selten über die Hälfte der Zottenhöhe hinauszusteigen und ich habe bisher auch nicht einmal die die Enden verbindende Anastomose mit Sicherheit beobachtet; nur bei der Ente glaube ich so etwas gesehen zu haben. Nach unten zu hingegen und am häufigsten in der Mitte der Zottenhöhe verbinden sich gewöhnlich die Räume entweder durch eine sehr breite mit ausgeweiteten Enden versehene quere Anastomose, oder gehen die zwei neben einander liegenden Röhren durch ihre mittleren Theile unmittelbar in einander über, indem sie an dieser Stelle eine Einschnürung darbieten, um weiter nach unten wieder einzeln ihren gewöhnlichen Verlauf fortzusetzen. Mitunter sieht man von der Mitte der queren Anastomose einen dritten selbständigen Canal sich scheiden, welcher geradewegs in das submuköse Netz hinuntersteigt; mitunter im Gegentheil drei solche Anfangsröhren vermittelst querer Anastomose zusammenfliessen, die weiter nur als zwei herabsteigende Röhren erscheinen. Wie aber auch die Anordnung der ersten Chylusbahnen in den Darmzotten sein mag, so münden sie am Grunde der letzteren in ein dichtes Lymphnetz der Schleimhaut ein, welches sich dem Ansehen nach von demjenigen der Säugethiere kaum unterscheidet und die blinden Enden der hier befindlichen schlauchförmigen Drüsen umringend, die oben beschriebenen efferirenden Zweige in das subseröse Netz hinabsendet. Von hier aus treten die Lymphgefässe, wie bemerkt, gerade ins Gekröse hinein, wo sie gleich wie auf der Darmoberfläche die Blutgefässe durch ihre Netze zu umspinnen fort-

fahren. Ich muss dabei auch hervorheben, dass bei der eigentlich subserösen Einstichs-Injection unmittelbar unter dem feinen Peritoneal-Ueberzug die Flüssigkeit nur in einer ziemlich beschränkten Ausdehnung das grobe subseröse Lymphnetz füllt und sogleich in die die Mesenterialblutgefässe umgebenden Canäle hinein entweicht; während in den Fällen, wo man das Canülchen etwas tiefer hineinzuführen versucht und gerade zwischen die Längs- und Ringsmuskelschichten gelangt, man gewöhnlich die vollständigere Injection von beiden oberflächlichen Lymphnetzen in einer weitaus grösseren Ausdehnung erhält und erst nachher die Injectionsmasse in die Mesenteriallymphgefässe übertritt. Der weitere Gang der Lymphe ist schon seit lange bekannt. Ich will mich daher nur mit der Bemerkung begnügen, dass bei der Ente die Lymphgefässe vom Magenüberzug aus durch das Lig. gastrohepaticum in das Leberparenchym selbst hinübergehen, wo ich sie indessen nicht weiter verfolgen konnte. Es bleibt mir noch hinzuzufügen, dass in dem Dickdarm der Enten, welcher eigentlich dem Rectum der Säugethiere entspricht, das oberflächliche Lymphnetz einen von demjenigen des Dünndarms ganz verschiedenen Charakter darbietet, indem es hier unter der Form sehr breiter, mit dem blossen Auge ganz leicht unterscheidbarer viereckiger Maschen auftritt, welche durch etwas geschlängelte, zwischen Längs- und Ringsmuskelhaut verlaufende Canälchen gebildet werden. In ihrem weiteren Verlauf zeichnen sich die betreffenden Lymphgefässe aus durch eine mehr gerade Richtung, durch die sehr weit von einander abstehenden Anastomosen und endlich durch ihre starken obgleich seltenen Klappen.

Zürich, 20. März 1867.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Längsschnitt durch den Hahnenkamm um die Hälfte vergrössert.
A vorderer, B hinterer Rand,
a cavernöse Schichte,
b intermediäre Schichte,
c Schichte des peripheren Capillarnetzes der centralen Gefässe,
d arcadenförmige Gefässvertheilung in den jüngeren Partieen des Kamms,
e Lymphgefässe.

Fig. 2. Segment eines Querschnitts durch einen Lappen des Hahnenkamms. System 4 und Ocular 2 Hartnack.
a Epidermis,
b cavernöse Schichte,
c subcavernöses äusserstes Capillarnetz,
d Netz der Lymphcapillaren,
e centrale Lymphgefässe und arterielle und venöse Blutgefässe, Capillarnetz der intermediären Schichte.

Fig. 3. Subseröse Blut- und Lymphgefässe des Dünndarms der Ente.
a Lymphgefässe,
b Venen,
c Arterien. (Zwölffache Vergrösserung.)

Untersuchungen über die Leber der Wirbelthiere.

Von

C. J. Eberth
in Zürich.

Hierzu Taf. XXII.

In einem Aufsatze in Virchows Archiv[1]) habe ich versucht den Bau der Wirbelthierleber auf Grund einer Reihe vergleichend histologischer Untersuchungen festzustellen. Ich hatte hierbei vor Allem im Auge, die complicirteren Verhältnisse der Säugethierleber durch die einfacheren der niederen Vertebraten, insbesondere der Batrachier, zu erläutern. Die Resultate der comparativen Forschung konnten deshalb nur insoweit Berücksichtigung finden, als es dieser Zweck erforderte und die Tendenz jener Zeitschrift erlaubte. In dem Nachfolgenden bringe ich nun zur Kenntniss, was von speciellerem Interesse für die vergleichende Histologie der Leber ist.

Die Gallencapillaren, ihr Bau und ihre Vertheilung.

Die trefflichen Arbeiten Hering's über den gleichen Gegenstand erlauben es, hier nur die Puncte zu berühren, über welche unsere Ansichten noch differiren oder überhaupt nur ungenügende oder gar keine Beobachtungen vorliegen. Die Differenzen fallen gegenüber der vollkommenen Uebereinstimmung in den wichtigeren Fragen nur leicht in die Wage und ein Vergleich dürfte schon da-

1) Bd. 39, p. 70.

rum kaum bemerkenswerthe Schwierigkeiten finden. Ich will, wenn damit auch der systematischen Darstellung einiger Abbruch geschieht, zuerst diesen Gegenstand erledigen.

Was die Technik betrifft, so verweise ich zum Theil auf das in meinem ersten Aufsatze Bemerkte. In der neuesten Zeit habe ich ausser der künstlichen Füllung mit Berlinerblau vielfach die natürliche Injection mit indigoschwefelsaurem Natron zur leichteren Darstellung der Gallengänge gebraucht in Fällen, wo ich, sei es durch die Kleinheit der Objecte und die zu grosse Enge der ausführenden Gallengänge, sei es durch andere nicht näher gekannte Umstände, besondere Schwierigkeiten bei der Füllung der Drüsenschläuche fand. Auf diese Weise ist es mir gelungen, sowohl die Gallencapillaren der Froschlarven, wie die der Fische und Vögel, deren Injection meines Wissens bis jetzt noch immer fehlschlug, mit Leichtigkeit und in grosser Ausdehnung zu füllen.

Bei Fröschen und Tritonen umschlinge ich eine Extremität entweder in der Ellenbogen- oder Kniebeuge mit einer Ligatur, nachdem ich durch eine kleine Oeffnung unterhalb der Ligaturstelle einen kleinen Tubulus bis über die Ligatur hinaus zwischen Haut und Muskeln eingeschoben habe. Ich wähle diese Stellen deshalb, weil die Fäden sicherer liegen bleiben als anderswo, und so das spätere Ausfliessen der Injectionsmasse verhütet wird. Kurze Zeit nach einer Injection von 3 bis 3½ Cubikcentimeter indigoschwefelsauren Natrons unter die Haut erscheinen Tritonen (Triton cristat.) etwas niedergeschlagen, erholen sich aber später wieder, die Schleimhäute erscheinen intensiv blau gefärbt und nach 3½ Stunden sind die Gallencapillaren aufs Schönste gefüllt.

Kräftigen Fröschen, denen ich den Gallengang unterbunden, injicire ich unter die Haut acht Cubikcentimeter der gleichen Flüssigkeit. Nach fünf Stunden sind die Gallenwege sehr vollständig mit blauer Masse gefüllt.

Langsamer und nicht so gleichmässig erfolgt die Ausscheidung des Indigocarmins in die Gallencapillaren bei Eidechsen und Fischen.

Einer frisch gefangenen Eidechse wird ein Cubikcentimeter einer mässig gesättigten Lösung des Indigocarmins unter die Haut gebracht. Das Thier ist darauf matt. Eine Stunde später wird die doppelte Dosis eingeführt. Nach zwei und einer halben Stunde wird das Thier getödtet. Die Blutcapillaren, die Gewebe und der Harn enthalten Indigo, die capillaren Gallenwege sind nicht gefüllt.

Einer zweiten Eidechse werden $1\frac{1}{2}$ Cubikcentimeter Indigocarmin unter die Haut gebracht. Nach einer Stunde leicht blaue Färbung der Mundschleimhaut Nach vier Stunden zwei weitere Cubikcentimeter injicirt. Das Thier darauf sehr träge und matt. Nach drei Stunden wird dasselbe getödtet. Ziemlich vollständige Füllung der Blutcapillaren der Leber mit Indigo, spärliche Füllung der feinsten Gallenwege, leicht blaue Tinction der Leberzellen. Vollständiger war die Füllung der Gallencapillaren, wenn bei Anwendung der gleichen Quantitäten des Indigocarmins die Tödtung erst nach 22 oder 48 Stunden vorgenommen wurde. Aber immer waren nicht nur die Gewebe stark blau gefärbt, sondern auch das Blut enthielt noch grosse Quantitäten des Indigocarmins.

Fische sterben in der Regel auch nach Einführung geringer Mengen des Indigocarmins durch den Darm vom Rectum aus, oder durch subcutane Injection, oder durch Injection in das Abdomen, bevor noch eine vollständige Ausscheidung stattgefunden hat. Benutzt wurden Leuciscus dobula, und rutilus, Chondrostoma Nasus, Barbus fluviatilis, Tinca Chrysitis, Cyprinus auratus, Acerina cernua.

Einem Kaulbarsch von circa ein Fuss Länge werden zwei Cubikcentimeter Indigocarmin in die Bauchhöhle gespritzt. Thier ganz munter. Nach anderthalb Stunden leicht blaue Färbung der Haut und Mundschleimhaut. Nach fünf Stunden ist die Färbung noch intensiver. Tod dreiviertel Stunde später. Blutgefässe sind frei, Leberzellen leicht tingirt, spärliche Ausscheidung in die capillaren Gallenwege.

Ein circa drei Zoll langer Cyprinus auratus verweilt 21 Stunden in einer verdünnten Lösung des Indigocarmins. Schleimhäute und äussere Haut leicht blau gefärbt. Indigotheilchen im Darm. Spärliche Ausscheidung durch die Gallencapillaren.

Sehr rasch und gut gelingt die natürliche Füllung der feinsten Gallengänge der Vogelleber auf physiologischem Wege, während die künstliche Injection selbst mit den feinsten Massen wie z. B. chinesischer Tusche und bei Anwendung eines starken Drucks höchstens nur ganz spärliche Füllung der Gallencapillaren neben constanten Einbrüchen in die Blutgefässe erzielt.

Einer Taube werden innerhalb einer Stunde in zwei gleichen Dosen 25 Cubikcentimeter indigoschwefelsauren Natrons in die Bauchhöhle gespritzt. $2\frac{1}{4}$ Stunden nach der ersten Injection noch lebhaft blaue Färbung der Haut und Schleimhäute. Eine Viertel Stunde darauf wird das Thier getödtet. Leberzellen leicht blau tingirt, in vielen besonders die Kerne intensiv blau. Die Gallencapillaren sehr vollständig injicirt. In den gröberen und mittleren Harnkanälchen ziemlich reichliche Ausscheidung des Indigo.

Einem Huhn werden zehn Cubikcentimeter auf die Körpertemperatur erwärmter Indigolösung in die Pfortader gespritzt. Nach anderthalb Stunden die gleiche Dosis, die nach zwanzig Minuten wiederholt wird. Dreissig Min. später

wird das Thier getödtet. Die Gallencapillaren zeigen schöne Füllung, weniger die Nierencanälchen. Die übrigen Organe sind diffus gefärbt.

Die Hauptdifferenzen zwischen Hering und mir beziehen sich auf die lateralen blind endigenden Gallencapillaren und die Membran der feinsten Gallenwege.

Von jenen habe ich behauptet, dass sie gewissermassen die ersten Andeutungen des bei den Säugethieren so reichen Netzes darstellen. Da Hering derselben nicht erwähnte, möchte ich vermuthen, dass er dieselben entweder übersehen, oder absichtlich zu erwähnen unterliess, weil sie bei ihrer geringen Zahl kaum in Betracht kommen. Obgleich ich ganz dieser Meinung bin, schien es mir doch nicht unpassend an diese blinden lateralen Ausläufer zu erinnern, weil sie dazu dienen konnten, das Verständniss des reichen intralobulären Netzes höherer Vertebraten zu erleichtern. Auch habe ich mich in der letzten Zeit bei dem häufigen Gebrauch der natürlichen Injection überzeugt, dass die blinden lateralen Gallencapillaren auch hier nicht fehlen, und dass sie darum auch kaum für Kunstproducte gehalten werden können (Fig. 7 d).

Mit Ausnahme der Fische wurden dieselben bei den Tritonen, Salamandern, Fröschen, Eidechsen und Vögeln (Taube und Huhn) beobachtet. Hiernach würden also nur die Säugethiere, in specie das Kaninchen durch die reiche Verzweigung der intralobularen Gallenwege ausgezeichnet sein. Wie weit hiervon innerhalb der einzelnen Wirbelthierclassen, oder vielleicht einzelner Ordnungen Ausnahmen stattfinden, schien mir kaum der Mühe werth, weiter zu erforschen. Die vorliegenden Angaben von Irminger und Frey über die Leber der Katze, des Schweines und des Meerschweinchens und meine eigenen Beobachtungen über die genannten Thiere, den Hund und Igel, haben im Allgemeinen die gleichen Verhältnisse wie bei dem Kaninchen constatirt, vielleicht nur mit Ausnahme der geringeren Ramification der Gallencapillaren bei einzelnen Thieren, von der es bei fast ausschliesslichem Gebrauch der künstlichen Injection noch einigermassen zweifelhaft bleibt, ob sie in Wirklichkeit besteht oder artificiell ist.

Nach dem Bemerkten habe ich nur wenig über den Verlauf der feinsten Gallengänge bei den bisher hierauf weniger sorgfältig untersuchten Thieren — den Fischen und Vögeln — mitzutheilen.

Die Leber der Fische zeichnet sich bekanntlich aus durch die Unregelmässigkeit in der Vertheilung der capillaren Blutgefässe.

Enge, leicht polygonale und rundliche Maschen wechseln mit länglichen gleichbreiten und weiteren Maschen. Die nur aus axialen Canälen bestehenden, entsprechend den einzelnen Leberzellen geknickten, äusserst feinen Gallenwege correspondiren mit diesen Blutgefässen, so dass also immer in der Achse eines Leberzellenbalkens, der auf beiden Seiten begrenzt wird von den Blutgefässen, eine Gallencapillare verläuft. Die vielen Knickungen, welche ein solcher Gang erfährt, machen es an dünnen Schnitten schwer, den Verlauf desselben auf eine grössere Strecke zu verfolgen, so dass man anfangs in der Erinnerung an die zierliche netzförmige Verbindung der axialen Gallenwege bei den Amphibien, Reptilien und Vögeln überrascht wird von der Armuth an Gallencapillaren, an senkrecht zur Gefässachse gelegten Schnitten (Fig. 8).

Die Gallencapillaren der Schlangenleber hat Hering schon so treffend geschildert, dass ich gerne darauf verzichte, meine eigenen und übereinstimmenden Beobachtungen mitzutheilen und von der Leber der Eidechse, die Hering noch nicht weiter zum Gegenstand seiner Forschung genommen, bemerke ich nur, dass sie mit jener der Schlangen im Wesentlichen übereinstimmt.

Die Vogelleber, welche rücksichtlich der Grösse und Regelmässigkeit der Maschen ihrer anastomosirenden Zellenbalken der Säugethierleber verwandt erscheint, folgt in der Anordnung ihrer feinsten, überwiegend aus axialen Gängen bestehenden Gallenwege ganz dem Reptilientypus. Ich verweise deshalb statt einer weiteren Beschreibung auf die Abbildungen, die Hering von der Schlangen- und Froschleber geliefert, zu einer Vergleichung mit meiner Figur 7 der beigegebenen Tafel nach einem Präparat einer natürlich injicirten Leber des Huhns.

Die eigentlichen Gallencapillaren nun verlaufen nach Hering auf den Zellenflächen und seltener auf den Kanten und Ecken der Leberzellen, mit Ausnahme der den Blutcapillaren zugekehrten Fläche. Die Leberzellen sind durch feine Scheidewände von einander getrennt, von denen H. es unentschieden lässt, ob sie aus zwei einander dicht anliegenden, durch Zwischensubstanz verkitteten Zellmembranen oder aus einer homogenen Substanz bestehen. Diese Scheidewände, die in Fragmenten an den einzelnen Zellen sich öfters erhalten, als Membranen der Leberzellen betrachten zu wollen, scheint H. schon darum kaum zulässig, als sie beim Zerzupfen nur an einzelnen

Zellen haften bleiben, und wo zwei Zellen sich trennen, das Protoplasma mindestens der einen Zelle von der gemeinsamen Scheidewand abreisst.

In der Mitte dieser Zellenscheidewände verlaufen die intralobularen Gallenwege im Zustand der Füllung als feine drehrunde Canäle, die man sich umschlossen denken kann von der an diesen Stellen in zwei Blätter gespaltenen Scheidewand, oder die zu Stande kommen durch Rinnen, die an den Flächen zweier gegenüberliegender Zellen verlaufen und zu einem drehrunden feinen Canal sich vereinigen. Im ersteren Fall würden die Gallencapillaren von der Zwischensubstanz, im zweiten unmittelbar von den Zellen selbst begrenzt.

Die Angaben Mac Gillavry's über eine besondere Membran der feinsten Gallencanälchen erklärt Hering aus einer Verwechslung mit den Profilansichten der Zellenscheidewände, da man bei Flächenansichten der letzteren die als Conturen der Membran gedeuteten Linien nie in unmittelbarer Nähe des Canals finde. Die glashellen Säume endlich, die man an Zerzupfungspräparaten den Stäbchen der Injectionsmasse aufliegen sieht, deutet H. als Reste der Leberzellensubstanz oder der Scheidewände.

Ich muss hierauf erwidern, dass man nach Höllensteininjection in die Gallenwege der Amphibien und Säuger die Wand der Gallencapillaren als eine braun gefärbte doppelt conturirte Membran mit Leichtigkeit von den viel schmäleren Scheidewänden unterscheidet, wie dies besonders gut auch an Querschnitten der Gallencapillaren zu beobachten ist.

Fast ebenso leicht erkennt man dies an natürlich injicirten Lebern der Tritonen, deren quer getroffene Gallencapillaren von glänzenden Ringen umschlossen werden. Ich muss sonach an der Existenz einer structurlosen Membran der Gallenwege bei den Säugern, Vögeln und Amphibien festhalten.

Ob man nun dieselbe, wie ich es gethan, je nach der Betheiligung ganzer Zellenflächen oder Bruchtheile solcher als eine total oder partiell einseitige Cuticularausscheidung betrachten darf, wofür gerade der Zusammenhang derselben mit der Cuticula der feinsten Abzugsröhren sprechen dürfte, oder nur als eine reichlichere Entwicklung der Zwischensubstanz der Leberzellen — der Scheidewände — muss ich allerdings dahingestellt sein lassen.

Die Entwicklung der Gallencapillarwand variirt sehr. Während dieselbe bei den Säugern, Salamandrinen und Fröschen eine glänzende

doppelt conturirte Membran darstellt, ist dieselbe bei Coecilia, den Reptilien und Vögeln eine äusserst zarte, schwer nachweisbare Lage, und fehlt bei den Fischen endlich vollkommen.

Das Pigment der Leber und sein Wechsel besonders bei den Amphibien.

In Berücksichtigung der verschiedenen Entwicklung einzelner Gewebe kann man zwei Formen der Leber unterscheiden, die einfache und zusammengesetzte, von denen die erste den Fischen, Schlangen, Eidechsen, Cheloniern, Vögeln und Säugethieren eigen ist, während die zweite den Coecilien, Fischmolchen, Salamandrinen, den Bufonen und Fröschen angehört. Untersucht wurden auf dieses Verhalten ausser den schon früher genannten Thieren die Blindschleiche und Schildkröte, die Coecilia annulata, der Proteus und Axolotl, die verschiedenen Tritonen, Salamandra maculosa, Bufo cinereus, Bombinator igneus und Rana temporaria und esculenta.

Das Vorkommen zweierlei Substanzen in der Leber der letztgenannten Thiere ist wenigstens bei einzelnen derselben schon häufig beobachtet worden. So sagt Leydig[1]: »die Leber der Fische und Batrachier zeichnet sich mitunter durch ein Uebermaass von Pigmenthaufen aus und die eines Proteus bestand aus gleichen Theilen Leberzellen und schwarzbrauner Pigmentmassen.« Rechne ich hierzu noch, was E. H. Weber,[2]) Remak[3]) und ich in meinem Aufsatze im Archiv von Virchow in specie über die Pigmentleber der Frösche mitgetheilt haben, so sind damit wohl die Angaben über das Vorkommen von zweierlei Substanzen in der Leber gewisser Thiere erschöpft. Da zudem die ersten Mittheilungen nicht nur nicht erschöpfend genug, sondern vielfacher Berichtigungen bedürftig sich erweisen, so glaube ich mich der Mühe überhoben, auf dieselben weiter einzugehen und bescheide mich fast allein mit Schilderung der eigenen Beobachtungen.

Der Kürze halber will ich die eine Form der Leber als den

---

1) Histologie.

2) Berichte der königl. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig 1850.

3) Müller's Archiv 1853.

Batrachiertypus, die andere schlechtweg als Säugethiertypus unterscheiden, von denen die erstere nur bei den Amphibien, die andere bei den Fischen, Reptilien, Vögeln und Säugethieren ihre Repräsentation findet. Wie weit diese Typen sich mit den genannten Classen scharf begrenzen, will ich vorläufig nicht definitiv entscheiden.

Die nach dem Batrachiertypus gebaute Leber ist ausgezeichnet durch den Reichthum zwischen Blutgefässen und Leberparenchym eingeschalteter, vom bindegewebigen Gerüst getragener, häufig pigmentirter Zellenmassen, die nach ihrer Entwicklung und den vielfachen Beziehungen zum Stroma selbst als Zellen der Bindesubstanz betrachtet werden müssen. Der nach dem Säugethiertypus construirten Leber fehlen diese Zelleninseln ganz, so dass hier das Bindegewebe auf ein verhältnissmässig spärliche Zellen führendes faseriges Gerüste reducirt ist. Diese Unterschiede sind so bedeutend, dass sie schon makroskopisch auf das Prägnanteste hervortreten.

Um diese Verhältnisse zu übersehen, empfehlen sich am Besten Schnitte von Lebern, die in Müller'scher Flüssigkeit und dann in Alcohol conservirt und mit Carmin oder Hämatoxilin-Alaun oder Silbersalpeter tingirt wurden. Auspinseln dünner Schnitte besonders nach Injection der Blut- und Gallenwege ist für das bessere Verständniss unerlässlich.

Die oben erwähnten Zellenmassen lassen sich wieder scheiden in corticale und centrale. Bald sind beide gleichstark entwickelt (Axolotl, Tritonen, Salamander), bald überwiegt die corticale Schichte (Coecilia, Bombinator igneus), bald die centrale (Proteus), bald sind beide nur in Spuren vorhanden (Bufo cinereus und Rana), wodurch gewissermassen eine Annäherung an den Säugethiertypus hergestellt wird. Aber auch im letzteren Falle ist wenigstens während der Jugend eine Schichte — die corticale zu unterscheiden (Rana). Ausser dem Alter ist noch die Jahreszeit von einem gewissen Einfluss auf die Entwicklung und Metamorphosen der Zellenmassen.

Untersucht man nun dünne Schnitte der auf obige Weise conservirten und tingirten Leber eines im Frühjahr frisch eingefangenen Salamander oder Triton, so erkennt man unmittelbar unter der Serosa sowohl der dorsalen wie ventralen Fläche eine continuirliche, $1/3$—$1/2$ Mm. mächtige, gegen das eigentliche Leberparenchym scharf abgesetzte Schichte (Fig. 2 a^2). Bei einer schwächeren Vergrösserung überzeugt man sich, dass diese Lage zapfen- und fingerförmige Fortsätze in die Tiefe schickt, die, wenn auch häufig scharf gegen das

Leberparenchym sich markirend, mit ihm doch in unmittelbarster Berührung stehen. Auch soviel wird schon klar, dass diese Lage aus dicht aneinander gedrängten runden kleinen Zellen zusammengesetzt wird, so dass ein Bild entsteht, wie es etwa ein in gleicher Weise behandelter Schnitt einer Lymphdrüse gewährt.

Die finger- und zapfenförmigen Fortsätze der Corticalschicht erstrecken sich übrigens weiter in das Innere, als die ersten Objecte glauben machen, denn besonders an dickeren Schnitten zeigen sich dieselben in Verbindung mit tiefer gelegenen, ähnlich gebauten Massen von bald grösserem, bald geringerem Durchmesser, als die Corticalschichte selbst. Es sind dies jedoch nur die oberflächlicher gelegenen Zellenhaufen, die übrigen durch das Organ zerstreuten bilden abgeschlossene, rundliche und unregelmässige Inseln (Fig. 4 d.)

Die Bestandtheile der corticalen Schichte und der centralen Inseln sind Zellen von der Grösse farbloser Blutkörper und darüber, bald rund, bald durch gegenseitigen Druck etwas abgeplattet, bald unregelmässig durch kurze mehr stumpfe Fortsätze. Was sie aber vor Allem auszeichnet, ist der grosse Reichthum an Kernen, so zwar, dass die mehrkernigen Zellen oft die einkernigen überwiegen, und es die Regel ist, in einem Zerzupfungspräparate neben den kleineren nur mit einem Kern versehenen Protoplasmahäufchen eine grosse Zahl anderer mit zwei bis sieben Kernen zu finden. In allen Fällen, sowohl bei den einkernigen wie vielkernigen Formen nimmt der Kern und seine Abkömmlinge den grössten Theil der Zelle ein, so dass nur eine schmale Schicht des Protoplasma als Umhüllung übrig bleibt (Fig. 3 h, 4 d, 5 a).

Die centralen Inseln zeigen wesentlich die gleiche Zusammensetzung. Hier, wie in der corticalen Schicht findet sich ausserdem ein aus äusserst zarten Fädchen von fast schleimiger Consistenz und einer feinkörnigen Substanz bestehendes Gerüste als Träger dieser Zellen. Ein Theil dieser Zellen steht offenbar in sehr inniger Beziehung zur Grundsubstanz, mindestens sah ich öfters ein- und mehrkernige, spindelförmig verlängerte Zellen so unmittelbar verbunden mit dem Gerüste, dass ich den Eindruck gewann, als ob ein grosser Theil desselben mit den Zellen verschmolzen sei (Fig. 4 c, Fig. 3 d). Häufig erscheint auch die äusserste Protoplasmaschichte undeutlich, verwaschen und mit der Grundsubstanz zusammenfliessend, und es ist keineswegs schwer sich zu überzeugen, dass von diesen Formen Uebergänge existiren zu zarten, kernhaltigen Fibrillen-

bündeln, eine Beobachtung, welche der vorhin geäusserten Ansicht nur zur Bestätigung dienen kann (Fig. 3 d, Fig. 4 b.)

Dies die Resultate an erhärteten Objecten. Nimmt man die Leber eines frisch eingefangenen Thieres und untersucht Schnitte der Rinde mit den entsprechenden Cautelen in Humor aqueus des Thiers, so sieht man bald, dass die corticalen Zellen sehr lebhafte amöboide Bewegungen ausführen, indem sie viele Fortsätze treiben. Die Locomotion selbst scheint hierbei minimal zu sein. Das Gleiche ergeben Schnitte aus dem Centrum der Leber (Fig. 5 b). Es besteht sonach die Corticalschicht wie die gleich zusammengesetzten Inseln der centralen Lebertheile der Salamandrinen im Frühjahr aus Massen farbloser amöboider Zellen mit spärlicher, fasrigkörniger Zwischensubstanz.

Das von der Corticalis der Salamandrinenleber Bemerkte gilt vollständig für die der Coecilien und des Bombinator igneus.

Der Leber des Proteus, die ich nur an gut conservirten Weingeistpräparaten studiren konnte, von denen es zweifelhaft war, ob sie frischen oder längere Zeit gefangenen Thieren angehörten, fehlt die bei den Salamandrinen vorkommende Corticalschichte amöboider Zellen, während die centralen Zelleninseln hier ungefähr in gleicher Mächtigkeit sich finden wie die Leberzellen selbst. Diese centralen Inseln sind, wie dies schon Leydig erwähnt, braun pigmentirt; ob stets, oder nur periodisch, wage ich nicht zu entscheiden (Fig. 1). Betrachtet man nicht zu dünne, senkrecht zur Längsachse der Leber gelegte Schnitte bei schwächerer Vergrösserung, so findet man bis nahe gegen die Serosa reichende cylindrische, ein bis fast zwei Mm. lange und $^1/_5$—$^1/_4$ Millimeter breite Pigmenthaufen, die auch häufig sich theilen, indem sie bald quere, bald schräge Fortsätze treiben. Dazwischen beobachtet man auch ganz kleine Pigmentkügelchen etwa von der Grösse kleiner Leberzellen und kleinerer Gruppen solcher. Eine netzförmige Verbindung dieser Massen existirt nicht, wie man selbst an dicken mit Canadabalsam durchsichtig gemachten Quer- oder Flächenschnitten sieht. Letztere zeigen vielmehr in den verschiedenen Höhen stets rundliche abgeschlossene Pigmentinseln, die jedoch wie die Corticalis oder die centralen Massen amöboider Zellen der Salamandrinen unmittelbar an das Leberparenchym grenzen und nie gegen dieses etwa durch eine besondere Membran abgeschlossen sind.

Die centralen, gelb bis sepiabraun gefärbten Zellenmassen sind wesentlich gleich zusammengesetzt wie jene der Salamandrinen, nur mit dem Unterschied, dass die Bindesubstanz dort geringer und die Zellen reichlicher sind, und oft so dicht beisammen liegen, dass sie sich gegenseitig abplatten, wodurch das Ganze wie ein Mosaik polygonaler Zellen erscheint. Die Differenzen zwischen den centralen Zelleninseln der Salamandrinen und Proteus bestehen nur in der relativ beträchtlichen Grösse der einzelnen Elemente hier, die oft wenig den Leberzellen nachstehen, und in dem Pigment. Letzteres fehlt übrigens vielen Zellen und findet sich auch zu gewissen Zeiten und zwar in grosser Menge bei den Salamandrinen.

Zerzupft man die centralen Zelleninseln des Proteus, so isoliren sich runde polygonale, leicht sternförmige, zarte Zellen, deren Fortsätze in die feinen Zwischenspältchen ihrer Nachbarn eindringen. Der Kern zeigt hier wie dort vielfache Theilungsstufen. Das Pigment des Protoplasma besteht aus äusserst feinen gelblichen Pünctchen oder auch grösseren hellbraunen runden Körnern (Fig. 6).

Die Gruppe der Thiere, deren Leber im Gegensatze zu Proteus nur die Corticalschicht besitzt, umfasst die Coecilia und Bombinator igneus und endlich die Jugendformen des Frosches.

Bei den ersteren, deren Leber aus dünnen ein bis zwei Mm. dicken Blättern besteht, ist die Corticalis kaum $^1/_4$ bis $^1/_6$ Mm. stark und aus kleinen ein- und mehrkernigen, Lymphkörpern ähnlichen Zellen zusammengesetzt. In der Tiefe des Organs finden sich diese Gebilde äusserst selten, statt ihrer aber ganz vereinzelte, kleinere, sternförmige, pigmentirte Stromazellen.

Bei Bombinator igneus, Froschlarven und jungen Fröschen verhält sich die Corticalis mit Ausnahme geringer Grössendifferenzen analog. Im Centrum der Leber des Bombinator finden sich nur spärliche Abkömmlinge der Corticalis und darunter ein grosser Theil pigmentirt als rundliche oder leicht sternförmige Stromazellen.

Erwachsene Frösche und Kröten (Bufo cinereus) besitzen die besprochenen runden Zellen, sowohl die peripheren wie die centralen nur sehr spärlich, so dass man oft Mühe hat, sie zu finden. Bei Bufo sind sie mitunter pigmentirt und leicht sternförmig, vielleicht auch beim Frosch, der jedoch so reichliche Pigmentmassen in andern Theilen führt, dass dadurch das Stromapigment fast ganz verdeckt wird und es darum kaum möglich ist, zu entscheiden, wie gross der Antheil des letzteren an der Leberpigmentirung ist.

Dem Frosch und der Kröte (Bufo cinereus) reihen sich, was die Entwicklung pigmentirter Stromazellen betrifft, die Saurier (Lacerta und Anguis) und Chelonier an. Ob bei diesen und den Schlangen während der fötalen Periode und in der Jugend ähnliche Verhältnisse existiren wie bei den Salamandrinen — Corticalschicht und centrale Zelleninseln — kann ich für jetzt nicht entscheiden. Von jüngeren Säugethier- und Vogelembryonen wenigstens weiss ich, dass dies nicht der Fall ist.

Noch schulde ich eigentlich den Beweis für die Bedeutung der farblosen Corticalschicht und der centralen Zelleninseln als Bestandtheile des Stromas, sowie den der Verwandtschaft der pigmentirten Stromazellen mit jenen. Beide sind leicht geliefert. Denn selbst nach der vollständigsten Injection der Blut- und Gallenwege findet man niemals in den genannten Partieen Spuren dieser Canäle, die corticale Schicht liegt immer jenseits derselben und die centralen Inseln zwischen Blutgefässen und Leberparenchym. Der Gedanke, es möchten die genannten Partieen junge Leberzellen sein, dem ich selbst eine Zeit lang huldigte, findet somit keine Bestätigung.

Die Erforschung der Beziehungen zwischen den farblosen corticalen und centralen Stromazellen hängt auf das Innigste zusammen mit dem Pigmentwechsel der Leber. Da sich für das Studium dieser Frage kaum ein Object besser eignet, als die pigmentirte Leber der Tritonen und des Salamanders, so möge dieser zuerst gedacht werden.

Die geeigneten Objecte hierfür liefern Winter- und Sommerthiere, besonders die Tritonen. Durchschnitte der Leber wiederholen nahezu das Bild, welches Schnitte der Leber des Axolotl gewähren.

In den tiefsten Lagen der Corticalschichte finden sich braunschwarze bis schwarze Pigmentklümpchen von der Grösse der nicht gefärbten Corticalzellen neben etwas grösseren, die offenbar aus aneinander gelagerten, kleineren Klümpchen bestehen und aus den ungefärbten Zellen durch Pigmentaufnahme derselben hervorgehen (Fig. 2 b). Diese gefärbten Massen der Corticalis stehen ebenso wie die pigmentlose Corticalschicht der Frühlingstritonen mit centralen Zelleninseln, so hier mit einzelnen bald rundlichen, bald cylindrischen und leicht verzweigten schwarzen Pigmenthaufen bis $1/3$ Mm. Durchmesser der tieferen Regionen in Verbindung (Fig. 2 d). Andere dieser Pigmentmassen bilden ganz abgeschlossene Inseln bald von der schon erwähnten Form und Grösse, bald als kleine Körner von der Grösse der gewöhnlichen Corticalzellen. Dazwischen liegen dann

auch wohl einzelne sternförmige Pigmentzellen (Fig. 2 c). Das Verhältniss zwischen Pigmentmassen und Leberzellen ist so, dass beide sich das Gleichgewicht halten.

Von der Entwicklung der centralen Pigmenthaufen gilt das schon oben von den corticalen Bemerkte. Sie entstehen durch Pigmentirung der centralen Stromazellen. Aber insofern besteht ein Unterschied zwischen den centralen und corticalen Pigmenthaufen, als an letzteren nur vereinzelte Zellen und Zellengruppen participiren, während bei jenen nur wenige Zellen der centralen Zelleninseln von der Pigmentirung ausgeschlossen sind, so dass es schon einige Mühe erfordert, neben den pigmentirten noch einige farblose Zellen aufzufinden.

Der Hauptunterschied zwischen der Pigmentleber der Tritonen und des Salamanders ist der, dass bei dem letztgenannten die Pigmentirung nie den hohen Grad erreicht, wie dort, so dass immer noch eine gewisse Menge pigmentloser Stromazellen übrig bleibt.

Aehnliche Verhältnisse zeigen auch die Saurier (Lacerta und Anguis fragilis). Wenigstens finde ich im Sommer bei Thieren, die ohne Nahrung mehrere Wochen in der Gefangenschaft verweilt hatten, mehr Pigment als bei frischen Thieren. Aber immer ist die Pigmentirung eine äusserst geringe, die sich kaum mit jener der Tritonen messen kann, indem bei den Sauriern nur ganz vereinzelte pigmentirte Stromazellen angetroffen werden.

Wie weit das Pigment in der Leber der Schildkröte, das bald in ganz vereinzelten Zellen erscheint, bald in cylindrischen und länglichen schmalen Pigmenthaufen bis $^1/_4$ Mm. Länge auftritt, die wieder aus reihenweise gruppirten Pigmentzellen bestehen, ähnlich den Pigmentmassen in der Leber des Proteus und Axolotl, normal und zu allen Zeiten constant, oder nur periodisch ist, oder als eine pathologische Erscheinung etwa als Folge der Gefangenschaft aufzufassen ist, wage ich, da mir das geeignete Material für Controlversuche fehlte, nicht zu entscheiden.

Bei einigen, einer fortgesetzten Beobachtung zugänglichen Thieren ist die Pigmentirung der Leber eine periodische, die nicht nur ziemlich gleichzeitig, sondern auch unter gleichen Verhältnissen sich entwickelt, so bei den Salamandrinen und Fröschen. In beiden so nahe verwandten Familien jedoch sind es niemals die gleichen Gewebe oder Organtheile, welche der Melanose verfallen, denn bei den Salamandrinen ist dieselbe wesentlich auf die Zellen des Leber-Stroma, bei den Fröschen wesentlich auf das Blut und die Gefässe beschränkt,

so dass man jene mehr als eine idiopathische oder hepatogene, diese als eine secundäre oder metastatische, vom Blute oder der Milz ausgehende bezeichnen kann.

Nachdem ich schon weiter oben die Pigmentleber der Salamandrinen geschildert, bleibt mir noch übrig, ihr zeitliches Erscheinen und die Bedingungen derselben zu berücksichtigen.

Die Pigmentleber findet sich bei frisch eingefangenen Salamandrinen ohne Unterschied des Geschlechts von Beginn des Frühlings an bis gegen Mitte des Winters, die pigmentarme Leber ausserhalb der genannten Zeit vom Anfang des Februar bis Mitte März, mitunter auch etwas später. Zu den Seltenheiten gehört das Vorkommen der letzteren während des Sommers, besonders bei Tritonen, deren Leber viel rascher und in grösserer Ausdehnung sich färbt, als die des Erdsalamanders.

Die nicht pigmentirte Leber der Salamandrinen zeichnet sich aus durch ihre Grösse, ihre helle gelbweisse Farbe, welche bedingt ist durch grosse Mengen kleinerer und grösserer Fetttropfen im Innern der Leberzellen. Sie ist somit eine exquisite Fettleber. Gegen Ende des März verkleinert sich die Leber in dem Maasse, als die Fettkörnchen schwinden, während zugleich in einem Theil der corticalen und centralen Stromazellen eine Pigmentirung beginnt, wodurch sich alsbald die früher äusserst spärlichen pigmentirten Stromazellen bedeutend vermehren, so dass sie bei den Tritonen sogar an Masse die Leberzellen erreichen und die Leber eine tiefbraune bis schwarze Farbe erhält. Selbstverständlich sind zu diesen Untersuchungen nur frisch gefangene Thiere und zwar in grösserer Zahl benützt worden.

Da die Verkleinerung der Salamandrinenleber durch Abnahme ihres Fettes bei gleichzeitiger Pigmentaufnahme ihrer Stromazellen mit der Entwicklung der Geschlechtsstoffe collidirt, so ist es wohl zweifellos, dass beide Vorgänge in einem causalen Zusammenhang mit einander stehen.

Weniger sicher lässt sich dies von der Froschleber nachweisen, von der schon früher C. H. Weber Aehnliches behauptet hat, bis Remak den Beweis brachte, dass die Lebermelanose der Frösche Folge der Inanition und Gefangenschaft sei, und auch bei frisch eingefangenen Froschlarven durch die genannten Einflüsse zu Stande komme. In einem Aufsatze im Archiv von Virchow »über die Pigmentleber der Frösche und die Melanämie« habe ich mich gleichfalls zu der Remak'schen Auffassung bekannt und nachgewiesen,

dass im Widerspruch mit C. H. Weber und Remak, welche das Pigment in die Leberzellen verlegten, dasselbe vielmehr in den Blutcapillaren und kleinsten Venen liegt und dass höchstwahrscheinlich die Mehrzahl der Pigmentzellen melanöse, farblose Blutkörper oder Abkömmlinge der Milzpulpa sind, die, wie dies auch von der Melanämie des Menschen beobachtet ist, in den Blutcapillaren sich anhäufen. Wenn ich auch noch heute, nachdem ich die früheren Beobachtungen durch eine grosse Zahl neuerer vervollständigt habe, was den Sitz des Pigments bei der Pigmentleber der Frösche betrifft, an dieser Anschauung festhalte, so gestehe ich doch gerne zu, dass ich wahrscheinlich den Einfluss der Production der Keimstoffe auf die Pigmentabnahme der Leber und die causalen Beziehungen zwischen jenem Vorgang und der Fettinfiltration derselben unterschätzt habe. Gerade der Pigmentwechsel der Salamandrinenleber ist es, der meine frühere Auffassung wankend machte. Ich habe mich denn ferner auch überzeugt, dass das Vorkommen der pigmentlosen und pigmentarmen Froschleber zu anderen Zeiten als gegen Ende des Winters und im Beginn des Frühlings, also ausserhalb der Geschlechtsreife, ebenso zu den Abnormitäten gehört, wie eine Fettleber bei den Salamandrinen während des Sommers.

Bei den Fröschen besonders scheinen Störungen in dem Pigmentwechsel der Leber viel häufiger zu sein, als bei den Salamandrinen. Wenigstens finde ich, dass bei vielen Thieren die Pigmentabnahme zur Zeit der Geschlechtsreife in sehr ungleichem Grade stattfindet, und dass auch der Pigmentgehalt der Leber frischer Sommerfrösche ein sehr variabler ist. Ich kann mir dies vorläufig nur so erklären, dass die Pigmentirung bei den Fröschen oft eine so excessive wird, dass eine Lösung nur sehr unvollständig erfolgt. Wenigstens fand ich bei vielen nach kurzem Aufenthalt in der Gefangenschaft gestorbenen Fröschen gegen Ende des Frühlings oft eine hochgradige Lebermelanose. Der Aufenthaltsort der Thiere im Freien scheint dann ferner noch von einem gewissen Einfluss auf den Pigmentgehalt der Leber zu sein. So traf ich bei einer grossen Zahl Anfangs Juni gleichzeitig gefangener Frösche aus verschiedenen Fundorten den Pigmentgehalt der Leber sehr verschieden. Während die eine Suite zur Hälfte grosse pigmentarme Lebern besass, fand sich unter der andern gleich grossen Zahl auch nicht ein Thier mit mässigem Pigmentgehalt, die Mehrzahl vielmehr war ausgezeichnet durch die intensive schwarze Pigmentirung.

Dass die Jahreszeit und die Geschlechtsreife nicht allein den Pigmentgehalt der Leber beeinflussen, dafür dürfte vor Allem die bei gefangenen Fröschen, Froschlarven und Salamandrinen reichlichere Pigmentirung der Leber sprechen.

Auch von der Froschleber gilt in gleicher Weise wie von der der Salamandrinen, dass je grösser der Pigmentgehalt, desto geringer die Fettinfiltration der Leberzellen ist, doch finden sich sowohl hier wie bei den Salamandrinen Ausnahmen, indem bei hochgradiger Pigmentirung zugleich eine reichliche Fettinfiltration besteht.

Die Pigmentirung der Salamandrinen- und Froschleber erscheint sonach allerdings als ein normaler Vorgang, der jedoch besonders bei Fröschen leicht zum Abnormen sich steigert. Auffallend bleibt immer die verschiedene Lage des Pigments bei den Salamandrinen im Stroma, bei den Fröschen im Blut, d. h. in den farblosen Blutkörpern oder in den von der Milz eingeführten Pulpazellen, während doch in beiden Fällen das strömende Blut eine gewisse Menge melanöser farbloser Blutzellen enthält. Bei den Fröschen allerdings ist die Pigmentirung der Milz immer bedeutender als bei den Salamandrinen und es lässt sich wohl daraus am leichtesten erklären, wie durch eine fortgesetzte Einfuhr gefärbter Bestandtheile in die Leber schliesslich eine hochgradige Melanose zu Stande kommt.

Da diese farblosen melanösen Blutzellen der Batrachier lebhafte Contractionserscheinungen zeigen, so wäre die Möglichkeit ins Auge zu fassen, ob nicht ein Theil der pigmentirten Stromazellen aus den Gefässen ausgewanderte melanöse Blutzellen sind. So sehr mich diese Frage, besonders mit Rücksicht auf gewisse melanotische und leucämische Geschwülste bei meinen Untersuchungen über die Leber auch beschäftigt hat, so muss ich doch gestehen, dass ich bis jetzt keine bestimmte Thatsache gefunden, dieselbe in dem einen oder andern Sinne zu beantworten. Hervorheben will ich noch, dass Virchow ganz im Widerspruch mit seinen früheren Angaben [1]) neuerdings erklärt, dass die Pigmentmassen in der Leber bei Melanämie keineswegs eingeführt seien, sondern dass vielmehr die Zellen des interstitiellen Bindegewebes den Farbstoff enthalten und durch Wucherung Heerde bilden.

Für heute begnüge ich mich, den Befund bei der pigmentirten und pigmentlosen Amphibienleber festgestellt zu haben. Später hoffe ich über den Einfluss der Exstirpation der Milz und Keimdrüsen auf den Pigmentgehalt der Leber zu berichten.

1) Die krankhaften Geschwülste, Bd. 2, S. 576.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Querschnitt der Proteusleber. A ventrale Seite.
a Querschnitte der Blutgefässe,
b » » abführenden Gallenwege,
c Leberzellenbalken,
d Gruppen der pigmentirten Stromazellen.
Nach einem Alkoholpräparat. System 5 und Ocular 2 Hartnack.

Fig. 2. Querschnitt einer pigmentirten Tritonleber. A dorsale Seite.
a^1 Serosa,
a^2 Schichte der corticalen amöboiden, farblosen Stromazellen,
b zwischen diesen zerstreut liegende pigmentirte Stromazellen,
c central gelegene theils isolirte,
d theils aggregirte pigmentirte Stromazellen,
e Leberzellenbalken.
Nach einem in Chromsäure und Alcohol conservirten Präparat von Triton cristatus und igneus. Vergrösserung wie bei Fig. 1.

Fig. 3. Ein Stückchen einer in Müller'scher Flüssigkeit conservirten, pigmentlosen Leber der Salamandra maculata. Pinselpräparat.
a Blutgefässe,
b Kerne derselben,
c bindegewebiges Gerüste,
d letzterem eingebettete Kerne und Zellen e,
f Querschnitte der Blutcapillaren,
g Leberzellen,
h Gruppen ein- und mehrkerniger, nicht pigmentirter Stromazellen.
System 9 und Ocular 2 Hartnack.

Fig. 4. Aus dem gleichen Object.
a Blutgefässe,
b Gerüste,
c spindelförmige Stromazellen, theilweise in Zusammenhang mit den feinen Fädchen des Gerüstes,
d ein Haufen mehrkerniger, pigmentloser Stromazellen.
Vergrösserung wie in Fig. 3.

Fig. 5. a Isolirte ein- und mehrkernige corticaler Stromazellen aus einer in Müller'scher Flüssigkeit conservirten Leber der Salamandra maculata,
b contractile Zelle der Corticalschicht aus einer frischen im Humor aqueus untersuchten Salamanderleber,
c fetthaltige Leberzelle des gleichen Thieres.
System 9 und Ocular 2 Hartnack.

Fig. 6. a Runde und b mit Ausläufern versehene, pigmentirte Stromazellen einer in Weingeist conservirten Proteusleber.

Vergrösserung wie in Fig. 5.

Fig. 7. Ein Schnitt der Leber von Gallus domesticus mit natürlich gefüllten Gallenwegen.

a Blutcapillaren,
b Leberzellen,
c axiale Gallencapillaren,
d laterale »

Chlorcalciumpräparat. System 8 und Ocular 3 Hartnack.

Fig. 8. Ein Stück der Leber von Cyprinus mit natürlich gefüllten Gallengängen.

Bezeichnung wie in Fig. 7. Chlorcalciumpräparat.

Immersion 10 und Ocular 2 Hartnack.

Fig. 9. Schnitt einer pigmentirten Leber der Salamandra maculata.

Bezeichnung wie in Fig. 7.

d pigmentirte Stromazellen.

System 7 und Ocular 2 Hartnack.

Studien über die Architektonik der Grosshirnrinde des Menschen.

Von

Dr. Rudolf Arndt,
Arzt an der Provinzial-Irren-Anstalt bei Halle a. S.

Hierzu Tafel XXIII.

Kölliker unterscheidet bekanntlich drei Schichten in der Rinde des grossen Gehirns des Menschen: eine weisse, eine rein graue und eine gelblich-röthliche. Zwischen den beiden letzten und in der Breite der letzteren selbst treten hie und da, am constantesten und deutlichsten im Hinterhauptslappen, noch je eine schmale weisse Schicht hinzu, so dass alsdann im Ganzen sechs zur Erscheinung kommen. Diesem makroskopischen Befunde entspricht der mikroskopische, allerdings mit Modificationen, und je nachdem diesen die einzelnen Forscher Beachtung geschenkt, je nachdem sie ihre Untersuchungen mehr an Thieren oder an Menschen gemacht haben, nehmen sie bald drei, bald mehr Schichten auch für das mikroskopische Bild an.

Stephani, welcher vornehmlich seine Beobachtungen an Hundegehirnen angestellt hat, spricht von drei Schichten, die er den Kölliker'schen anpasst, Berlin dagegen, welcher das menschliche Hirn der Erforschung unterwarf, von sechs, über deren Verhalten zu den Kölliker'schen er indessen nichts Näheres bestimmt, und Kupfer zählt deren im Ammonshorn, das doch auch nur eine Hirnwindung darstellt, sieben.

Ich habe die Befunde Stephani's an Thiergehirnen, namentlich an dem des Schaafes, zum grössten Theile bestätigt gefunden. Auch an diesem kann man an jedem senkrechten Schnitt, welcher die ganze Dicke der grauen Substanz umfasst, drei Schichten nach dem Principe Stephani's unterscheiden, nämlich nach Ausschluss des terminalen lichten Saumes, den er als besondere Schicht nicht rechnet. Besser indessen unterscheidet man nur zwei, da die zweite und dritte Schicht, wie Stephani auch für das Hundegehirn angiebt, so geringe Differenzen zeigen, dass kein rechter Scheidungsgrund vorhanden ist. Und bloss darum, weil Kölliker am Hirne des Menschen drei Schichten angenommen, braucht man sie doch wahrlich nicht am Thiergehirne auch zu finden.

Die erste Schicht, welche wenigstens den dritten Theil der ganzen Rinde einnimmt, wird nur durch ein einfaches, körnigfaseriges Gewebe, die Neuroglia, gebildet, das von hier aus durch die ganze graue Substanz zieht und mit sehr wenigen, nach dem Centrum hin aber reichlicher auftretenden zelligen Elementen versehen ist. Die zweite und dritte Schicht, welche von der vorigen scharf abgesetzt sind, bestehen zum grossen Theil aus bald mehr, bald weniger gestreckten, pyramiden- oder spindelförmigen Zellen, die senkrecht gegen die Peripherie des Hirns gerichtet sind und darum eine radienartige Anordnung haben. Sie sind in der zweiten Schicht zahlreicher vorhanden als in der dritten, allein im Grossen und Ganzen, wie mir schien, keineswegs grösser. Die kürzeren und desshalb mehr dreieckig erscheinenden sollen nun nach Stephani fast immer drei Ausläufer haben, unter denen der von der Spitze abgehende häufig am stärksten ist, die längeren, schmal und spindelförmig erscheinenden sollen nur zwei sich gegenüber stehende Ausläufer haben. Einige Zellen sollen nach Stephani auch nur einen Fortsatz besitzen, jedoch schreibt er dies einer Verstümmelung zu, was meiner Ansicht nach der Fall sein muss, da mir dieselben in guten Präparaten nie zu Gesicht gekommen sind. Die feinsten Fortsätze sollen sich sofort in das körnigfaserige Gewebe auflösen, die stärkeren indessen erst, nachdem sie wiederholt dichotome Theilungen eingegangen sind. Aus dem Neurogliagewebe treten Fasern in den lichten Grenzsaum ein, der eine homogene, structurlose Masse darstelle. Fehle der Saum, weil er abgerissen, so sehe man auch jene Fasern abgerissen endigen. Diese Ansichten über die Zahl der Zellenfortsätze und deren Verhalten unter einander und zur Neuroglia kann ich nach meinen

Untersuchungen am Hirn des Schaafes, der Ratte und des Menschen nicht theilen. Auch sind namentlich in Bezug des letzteren Punctes, die Auflösung der Zellenfortsätze in das Neurogliagewebe anlangend, die späteren Untersuchungen, besonders die von Deiters, so klärend gewesen, dass derselbe geradezu als irrig angesehen werden kann. Auch habe ich eine andere Auffassung von der Natur des terminalen Saumes. Bei stärkerer Vergrösserung (400 bis 600 mal) zeigt derselbe eine deutlich faserige Textur. Die Fasern mit unregelmässigen Rändern werden von Carmin nicht gefärbt, von Essigsäure nicht verändert und scheinen mir nervös zu sein. Ihnen gleich verhalten sich die meisten der aus der ersten Schicht in sie eindringenden Fasern. Dagegen kann ich für die Thiergehirne die Betheiligung der Pia mater an der Stützsubstanz der Grosshirnrinde bestätigen. Beim Schaafhirn sieht man deutlich zahlreiche feine, glatte, mattglänzende Fäden, welche durch Carmin rosa sich färben und durch Essigsäure aufhellen, aus jener Haut in die Hirnsubstanz übergehen und daselbst sich selbständig durch Theilungen verbreiten. Ein gleiches Verhalten kommt beim Menschen nur am kleinen Gehirn vor und ist am Grosshirn von mir eben so wenig wie von Deiters je gesehen worden. Bei keinem von mir untersuchten Thierhirn liess sich darum aber auch die Pia so leicht von der Hirnrinde abziehen, als dies beim menschlichen Gehirn möglich ist. Was im Uebrigen das Verhalten dieser Fasern — Bindegewebe — zur Neuroglia betrifft, was diese selbst des Näheren anlangt, so schliesse ich mich der Auffassung von Deiters an, der von Stephani vollständig darin abweicht.

Allein von dem letzten ganz abgesehen, muss ich doch die Beobachtungen Stephani's bei der Betrachtung der Grosshirnrinde des Menschen im Allgemeinen übergehen. Der Bau beider ist ein zu verschiedener, obschon der Typus, wie er für die grossen Gebilde ein und derselbe ist, auch für die feineren Verhältnisse gilt. Das Detail jedoch ist ein ganz anderes. Ich wende mich desshalb zu Berlin.

Dieser nimmt, wie schon angeführt, sechs Schichten an, welche er von innen nach aussen, vom Mark nach der Peripherie als erste, zweite bis sechste zählt und nach der Intensität der Färbung unterscheidet, welche sie in einer bestimmten Carminlösung erfahren haben. Die Intensität der Färbung aber hält er bedingt durch die Anzahl der Kerne und Ganglien, welche in den Schichten lagern.

Die erste Schicht ist dunkel, die zweite blasser. Ohne dass

eine deutliche Grenze zwischen beiden wahrgenommen werden könnte, gehen sie in einander über, die dritte Schicht ist sehr dunkel, die vierte wieder blasser, die fünfte dunkel, die sechste ein schmaler blasser Saum. Ich muss gestehen, dass es mir nicht gelungen ist, dasselbe zu sehen. In Bezug auf den schmalen blassen Saum aber habe ich das Gegentheil erfahren. An Chromsäurepräparaten, die mit Carmin behandelt worden waren, sah er gerade recht dunkel, schmutzig grau aus, und behielt dieses Aussehen auch nach Zusatz von Essigsäure. In Betreff der Breite der einzelnen Schichten bemerkt Berlin, dass die beiden ersten zusammengenommen ungefähr den dritten Theil der Dicke der Hirnrinde einnehmen. Sie würden also der gelblich-röthlichen Schicht Kölliker's in ihrer Ausdehnung entsprechen. Die dritte sei schmal, die vierte so breit, wie die vorhergehenden zusammengenommen, die fünfte schmal. Die fünfte schmale Schicht und der angeblich helle Saum bilden die äusserste Lage, entsprechen also Kölliker's weisser Schicht; es bilden mithin die dritte und vierte Schicht, wofür auch der Zellenreichthum der ersteren spricht, die rein graue Schicht Kölliker's. Ueber die Zellen der einzelnen Schichten giebt Berlin an, dass sie in der ersten und dritten Schicht von mittlerer Grösse, spindelförmig oder pyramidal und bisweilen mit seitlichen Fortsätzen ausgerüstet seien. In der fünften Schicht seien sie sehr gehäuft. Die zweite und vierte Schicht enthalte fast nur Kerne und letztere noch einige wenige, aber grosse Zellen, und diesem Umstande verdanken beide ihr helles Aussehen. In Betreff ihrer Lage sollen die pyramidenförmigen Zellen in den unteren Schichten so gestellt sein, dass sie immer mit der Spitze, von der ein sehr langer Fortsatz ausgehe, nach der Peripherie gerichtet seien. In der fünften Schicht indessen liegen sie in verschiedener Richtung: der lange Fortsatz gehe von ihnen nach den Seiten, auch nach unten dem Centrum zu. Zwischen den Zellen- und Körnergruppen ziehen Nervenfasern hin. Die meisten derselben aus dem Marklager kommend, steigen in Bündeln senkrecht zur Peripherie, divergiren, je näher derselben, desto mehr, lassen sich aber doch bis in die fünfte Schicht verfolgen. Nur wenige Fasern treten aus dieser in die sechste ein und scheinen in derselben der Oberfläche parallel zu verlaufen. Mit den Nervenfasern stehen die Ganglienzellen in Verbindung, indem die Fortsätze dieser in jene übergehen. Desgleichen bestehe ein Zusammenhang zwischen den Zellen und den Körnern. Jede Ganglienzelle sende zu einem Korn

einen Fortsatz. Soweit Berlin, dessen Arbeit im Ganzen unbeachtet geblieben ist, obschon sie manche werthvolle Befunde enthält, welche gehörig berücksichtigt unsere Kenntniss von der Hirnrinde wesentlich gefördert haben würden. Das überall durchblickende, aber durchaus verfehlte Bestreben, den von Gerlach construirten Bau des Kleinhirns auf das Grosshirn zu übertragen, ist Schuld davon gewesen. Man überging, weil im grossen Ganzen ein Missgriff begangen war, auch die Details. Zum wenigsten schenkte man ihnen nicht die Beachtung, welche sie verdienten.

Nach diesem kurzen Referate, das den Kern der Berlin'schen Arbeit einschliesst, wende ich mich zu meinen eigenen Beobachtungen, indem ich die Ansichten Kölliker's und Gerlach's für so allgemein bekannt halte, dass eine besondere Mittheilung derselben völlig überflüssig erscheint. Die von mir namentlich nach zwei Richtungen hin angestellten Beobachtungen: die Anordnung der nervösen, speciell der ganglionären Elemente und die Vertheilung der Blutgefässe zu ermitteln, wurden durch länger als drei Viertel Jahr und an mehr als fünfzehn Gehirnen von Leichen in der Irren-Anstalt bei Halle Verstorbener, sowie an mehreren Thiergehirnen ausgeführt. Die Untersuchungen wurden an frischem, gehärtetem und macerirtem Gehirn gemacht. Zur Härtung wurde Chromsäure und chromsaures Kali verwandt. Die dünnen Schnitte wurden in ammoniakhaltiger Carminlösung gefärbt, in destillirtem Wasser ausgespült und in Glycerin besichtigt. Andere Färbemittel, wie Indigcarmin, Aniline haben mir nichts genützt. Die Bilder, welche ich durch sie erhielt, waren ganz diffus, sehr oft ungleich, noch öfter, ohne dass ich wusste warum, so intensiv gefärbt, dass sie ganz undurchsichtig waren. Gerade der Ammoniakgehalt der Carminlösung scheint ihren Vorzug vor anderen Tincturen zu bedingen. Er wirkt ähnlich wie Kali und Natronlösung, er hellt die bindegewebigen Elemente auf und lässt die nervösen, die nicht leicht angegriffen werden, um so schärfer hervortreten. Darum darf man aber auch kein angesäuertes Wasser zum Abspülen des überflüssigen Carmins nehmen, sondern darf bloss reines destillirtes Wasser dazu gebrauchen. Der Effect geht sonst verloren und man erhält, wenn der Schnitt nicht ganz dünn war, ein unklares dunkles Bild. Dagegen kann ein stärkerer Zusatz von Essigsäure, so dass diese im Ueberschuss vorhanden ist, recht gut vertragen werden. Doch schien mir das Bild danach selten so klar und correct, wie es nach Abspülen in reinem Wasser sich präsentirte. Ich habe

als weiteres Aufhellungsmittel nur Glycerin anwenden können. Die Balsame haben mich in Betreff der nervösen Elemente gänzlich im Stich gelassen, indem sie das ganze Präparat in eine ziemlich gleichmässige glasige Masse verwandelten, in welcher ausser den Gefässen wohl noch dunklere Körper zu unterscheiden waren, deren Natur indessen durchaus unkenntlich geworden war. Ich halte die Balsame, die so schöne Resultate bei der Untersuchung des Rückenmarks, der Medulla und allenfalls auch des Kleinhirns geben, zur Untersuchung der Grosshirnrinde für geradezu ungeeignet, es sei denn, dass man bloss die Gefässe berücksichtigt. Immer besser sind noch die Bilder, wenn vor der Einlegung in Balsam zur Entwässerung Kreosot, als wenn Terpentinöl angewandt wird.

So schön aber auch die Präparate nach der beschriebenen Methode sind, allseitigen Aufschluss geben sie nicht. Man ist immer genöthigt, noch anderweitige Verfahren einzuschlagen und die Behandlung mit Alkalien und Säuren in Anwendung zu ziehen. Von den ersteren bediente ich mich des Kali hydric. solut. und Natr. hydric. solut. der Pharmac. boruss. von den letzteren der Essigsäure und der Oxalsäure. Auch der Osmiumsäure, des salpetersauren Silberoxyds und des Chlorgoldes habe ich mich bedient; allein ohne jedes einigermassen zuverlässige Resultat. Gewöhnlich erfolgte die Reduction des Metalles so diffus, dass alles schwarz, bräunlich oder roth war. Andere Male erfolgten Niederschläge in den merkwürdigsten Verbindungen und täuschten die ausgedehntesten Netze präformirter Gewebe vor. Und doch musste schliesslich angenommen werden, dass dies nichts als Kunstproducte seien.

Wird nun ein in der angegebenen Weise behandelter Hirnrindenschnitt, welcher die ganze Dicke der Rinde umfasst, einer Vergrösserung von 250 bis 300 mal unterworfen, so erhält man von ihm ein Bild (Fig. 1), an dem sich ungezwungen fünf oder auch sechs Schichten unterscheiden lassen. Die oberste, von der Peripherie nach dem Centrum gezählt, ist gewöhnlich ziemlich dunkel, schmutzig gefärbt und besteht aus einem dichten Geflecht kreuz und quer, aber der Hirnoberfläche parallel verlaufender Fasern und entspricht der dünnen Lage weisser Substanz, welche die Aussenfläche der Gyri überzieht. Die zweite Schicht ist grauröthlich blass und besteht aus jenem körnigfaserigen Gefüge, das als Neuroglia bekannt die Grundsubstanz der grauen Rinde bildet. Sie besitzt im Ganzen spärlich eingestreute, kleine, undeutliche und unregelmässige Kerne, zwischen

denen sich zarte Fasern nach allen Richtungen hin verbreiten, deren Natur indessen wegen der sie umhüllenden Neuroglia nicht leicht zu erkennen ist. Beide Schichten zusammen entsprechen der ersten Schicht Kölliker's.

Die dritte Schicht setzt von der eben besprochenen ziemlich scharf ab und kennzeichnet sich durch ihren grossen Reichthum an Kernen. Dieselben grösser als die vorigen, lagern oft in Häufchen oder Reihen von 4 bis 6,8, sind sehr regelmässig rund oder elliptisch, dunkel contourirt und lassen nur ein stark lichtbrechendes Kernkörperchen, oder eine Punctirung erkennen, so dass sie wie granulirt erscheinen. Unmerklich geht diese Schicht in die vierte über, welche neben sehr wenigen Kernen lauter kleine Ganglienzellen zeigt, die nicht viel grösser als Kerne einen zarten Fortsatz nach der Peripherie senden und wie die Kerne der vorigen Schicht unregelmässig zu kleineren oder grösseren Häufchen dicht zusammengedrängt im reichsten Maasse vorhanden sind. Diese beiden Schichten entsprechen der »rein grauen Schicht« Kölliker's, besitzen zwischen ihren zelligen Elementen viele Nervenfasern, welche nach allen Richtungen ziehen, hauptsächlich jedoch einen senkrechten und einen horizontalen Verlauf erkennen lassen. Eine stärkere Anhäufung horizontaler Fasern findet sich an ihrem dem Centrum zugewandten Ende hin und bildet die Grenze von der fünften und letzten Schicht, der »gelblich-röthlichen« Kölliker's, in die sich dieselbe zumeist auch noch fortpflanzt. Bei stärkerer Entwicklung kann dieser Zug selbst makroskopisch als jenes weisse Stratum wahrgenommen werden, dessen wir Eingangs zuerst erwähnten.

In der fünften Schicht, welche im Durchschnitt eben so breit, ja hie und da selbst breiter ist, als die vorhergenannten zusammengenommen, finden sich zwar weniger Zellen als in der vierten, aber die grössten der Hirnrinde überhaupt vor. Doch sind diese letzteren nicht durch die ganze Dicke derselben vertheilt, sondern mehr in ihrem oberen und mittleren Theile vorhanden. In den unteren Partieen, d. i. in der Nähe des Marklagers, herrschen wieder die kleinen Zellen und die dunkeln, regelmässig geformten Kerne vor, welche übrigens auch in der Region der grösseren Zellen, wenn auch minder zahlreich sich zeigen. Wenn man will, kann man danach zwei besondere Schichten und somit im Ganzen sechs unterscheiden. Allein die beiden letzten gehen so allmälig in einander über und sind in ihren Elementen, ausgenommen an den äussersten Grenzen, so wenig

verschieden, dass man sie füglich zusammen als eine ansehen kann. Die Ganglienzellen erscheinen unregelmässig oval, birnförmig, keulenförmig, dreieckig, mit einem langen, nach der Peripherie gerichteten, manchmal weit über das Gesichtsfeld zu verfolgenden, nervenfaserähnlichem Fortsatze, der nur ausnahmsweise einmal centripetal gerichtet ist, und mit hie und da schwach angedeuteten seitlichen Fortsätzen. Nervenfasern jeder Breite zu dünnen Bündeln vereinigt, steigen aus dem Marklager in diese Schicht senkrecht hinein, verlieren sich in ihr, nachdem sie seitlich abgebogen sind, oder durchsetzen sie in verticaler Richtung, um in die vierte und dritte Schicht überzugehen. Da aber treten horizontale Fasern auf. Ein breiterer Zug derselben liegt auf der Grenze des zweiten und unteren Dritttheils der Schicht und wird bei stärkerer Entwicklung, wie der oben erwähnten, als das zweite weisse Stratum, dessen wir Anfangs gedachten, schon mit blossen Augen wahrgenommen. Die Grenze zwischen der vierten und fünften Schicht wird, wie durch den stärkeren Zug horizontaler Fasern, so auch häufig noch durch stärkere Gefässzweige bezeichnet, welche in dieser Gegend horizontal von den aus der Pia mater herabgekommenen Gefässstämmchen abgehen.

Dieser Befund stimmt im Allgemeinen mit dem von Berlin überein. Wir haben die sechs Schichten, welche nach verschiedenem Princip begrenzt, doch ziemlich genau zusammenfallen, in ihnen die mehr weniger dreiseitig erscheinenden Ganglienzellen mit nach der Peripherie gerichtetem stärkstem Spitzenfortsatz, dazwischen die aufsteigenden und in der Rinde sich verbreitenden Nervenfasern. Abweichend ist, dass Berlin in seiner zweiten Schicht hauptsächlich Kerne und nur wenig grosse Ganglien und in seiner fünften sehr dunkel gefärbten Schicht dicht gehäufte Ganglienzellen gesehen zu haben meint, während ich umgekehrt in den entsprechenden Gegenden dort vornehmlich grosse Ganglien und nur wenig Kerne und hier eine geringe Färbung und gar keine Ganglien fand.

Etwas anders indessen gestaltet sich der Befund, besonders in Bezug auf das bis jetzt noch nicht berührte Verhältniss der Ganglien zu den Kernen und Nervenfasern, wenn wir die Untersuchung bei stärkerer Vergrösserung (400 bis 600 mal) vornehmen.

Die erste Schicht (Fig. 2 a) stellt sich dabei als ein Fasergewebe heraus mit kreuz und quer, aber im grossen Ganzen immer der Oberfläche parallel verlaufenden Fasern. Ein Theil derselben, allerdings nur ein kleiner, besteht aus mittelstarken Nervenfasern,

deren Axencylinder an den Rändern oft frei herausragen, ein anderer aus feinen und feinsten varikösen Fasern, ein dritter aus nackten Axencylindern, die als dünne, zarte, matt rosafarbene Streifen von feinkörniger Structur und mit rauhen Rändern sich darstellen. Ein vierter Theil wird gebildet aus schmalen, starren und glatten, anscheinend stielrunden, sich öfters theilenden Fasern, welche ein matt rosafarbenes und schwach glänzendes Aussehen haben, deren Structur vollständig homogen erscheint und die wohl als Bindegewebsfasern anzusehen sind. Zwischen diesen Fasern liegen blasse, runde oder ovale, meist unregelmässig geformte Kerne und zerstreute schwarze Körnchen, welche an Fasern, die über den Rand des Präparats hinausragen, als deren Durchschnittsflächen erkannt werden. Von den Fasern geht ein Theil nach bald kürzerer bald weiterer Biegung in die zweite Schicht hinunter.

Diese (Fig. 2 b) besteht, wie schon oben angeführt, zum grössten Theile aus der Neuroglia, jener körnigfaserigen, oder auch schwammigen Masse, über die Deiters sich sehr eingehend verbreitet und die er für ein differencirtes Protoplasma erklärt hat, das weder nervöser, noch auch bindegewebiger Natur sei. In dieser finden sich wieder jene blassen unregelmässigen Kerne eingestreut. Bald vereinzelt, bald zu mehreren liegen sie ohne bestimmte Anordnung da. Dazwischen erscheinen variköse Fasern, mittlerer, feiner und feinster Qualität, aber auch jene rigiden glatten Fasern, welche wir in der ersten Schicht kennen lernten und für bindegewebige hielten. Letztere hängen nicht selten mit blassen, sternförmigen Zellen zusammen (Fig. 2 b x), was ihre bindegewebige Natur bestätigt, und nehmen einen mehr geradlinigen Verlauf, während die ersteren verschiedene unregelmässige Biegungen machen. Ein Theil der nervösen Fasern hängt einerseits mit denen der ersten Schicht zusammen und geht andererseits ziemlich direct nach den tieferen Schichten hinab, ein anderer Theil lässt sich wohl auch nach diesen Regionen verfolgen, nimmt aber in der zweiten Schicht ein Ende und zwar nach bald stärkerer bald schwächerer Biegung. Die Convexität dieser Biegung ist nach der Peripherie gerichtet, und zähle ich diese Biegungen zu den von Valentin und Kölliker beschriebenen Schlingen.

Die dritte Schicht (Fig. 3) zeigt statt der Kerne, welche wir vorher in ihr sahen, fast nur Ganglienkörper, die in die Neuroglia eingebettet, blos im Allgemeinen ihre Gestalt erkennen lassen. Dieselbe ist rundlich, elliptisch oder dreieckig und mit einem oder meh-

reren Fortsätzen von den Winkeln aus versehen. Ein Fortsatz ist meistens besonders stark ausgebildet und ist derselbe gewöhnlich nach der Peripherie gerichtet. Doch sind auch Zellen häufig, bei denen er mehr horizontal oder gar nach dem Centrum hin zu liegen scheint. Durch Verschieben der Tubusröhre wird man indessen sich bald überzeugen, dass ausser dem horizontal oder centripetal abgehenden Fortsatze noch ein nach der Peripherie strebender vorhanden ist (Fig. 3 x). Neben den Ganglien erscheinen noch Kerne, grosse dunkel contourirte, welche meistentheils so durch Neuroglia verhüllt sind, dass man sie nur undeutlich erkennen kann, und jene kleinen blassen, welche viel öfters frei daliegen. Die blassen sternförmigen Zellen habe ich hier nicht mehr gefunden, doch sind sie wahrscheinlich eben so vorhanden, wie die starren glatten Bindegewebsfasern, welche in der zweiten Schicht mit ihnen im Zusammenhang stehen.

Ein grosser Reichthum von Nervenfasern durchzieht die Schicht nach allen Richtungen. Allein hatten wir in den ersten Schichten nur schmale Fasern, so haben wir hier auch viele breite, doppelt contourirte, welche durch ihre Varicositäten und den Mangel an Kernen sich bei einiger Aufmerksamkeit leicht von den feinsten Capillargefässen unterscheiden, mit denen sie sonst auf kurze Strecken verwechselt werden können. Bisweilen hat sich von diesen Fasern stellenweise die Markscheide blätterig abgelöst und die starren, stark lichtbrechenden Axencylinder liegen alsdann frei da (Fig. 3 w). In Betreff der Verlaufsweise der Fasern hebe ich hervor, dass viele derselben Bogen mit nach der Peripherie gerichteter Convexität machen und dass diese Bogenbildung sich zu öfterem auch an den nach der Peripherie gerichteten Ganglienfortsätzen findet.

Für die vierte und fünfte Schicht (Fig. 4) lässt sich im Allgemeinen dasselbe sagen, nur nimmt der Reichthum an breiten Nervenfasern in dem Maasse zu, als wir uns dem Marklager nähern. Die Fasern steigen aus demselben zu stärkeren Bündeln vereinigt so dicht gedrängt empor, dass ihr Verlauf durchaus parallel erscheint und dass sie namentlich nach dem Gipfel des Gyrus zu wie ein dunkles Staket sich präsentiren. In der fünften Schicht weichen die Bündel an den Gyris fächerförmig aus einander, in den Intergyris neigen sie convergent zu einander. Bald aber breiten sie sich hier wie dort aus, um sich ganz unregelmässig zu verflechten und auch wieder umzubiegen. Nur ein Theil behält seine ursprüngliche Richtung

bei und lässt sich bis in die vierte oder auch dritte Schicht verfolgen. Theilungen der Fasern konnte ich eben so wenig wie Kölliker und Besser beobachten.

Wird statt der Präparation mit Carmin, Kali oder Natron in Anwendung gezogen, so erscheint ein vielfach anderes Bild. Die zelligen Elemente sind verschwunden, an ihrer Stelle erscheinen nur eine Menge hellglänzender Kerne, die auch nach wenigen Minuten unsichtbar werden. Aber die Nervenfasern treten mit einer Stärke und Deutlichkeit hervor, wie sie im tingirten Bilde nicht annäherungsweise zur Anschauung kamen. Es zeigt sich, dass sie als dunkel contourirte Fasern aus dem Marklager aufsteigen. In den Gyris, in denen sie in der schon mitgetheilten Weise aus dem weissen Centrum zu Bündeln angeordnet und dicht an einander gedrängt in die graue Substanz eintreten, gehen die mittelsten in gerader Richtung, die seitlichen je weiter nach aussen in um so stärkerem Bogen senkrecht nach der Peripherie zu, so dass sie stark divergiren. In den Intergyris ist die Ausbreitung eine entgegengesetzte. Die Faserbündel stammen aus den Arnold'schen Bogenbündeln, welche dicht unter der grauen Substanz dieser parallel hinziehen. Unter vielfachen Kreuzungen treten sie aus dieser heraus und gehen, sich nach und nach zu einem gleichmässigen Verlaufe ordnend, in die Rinde hinein, in der sie senkrecht auf die Peripherie und convergent zu einander weiter verlaufen. In der dritten Schicht verschwinden die dunkelrandigen Fasern, nachdem sie schon vorher allmählig sich verfeinert und durch plötzliche Endigungen oder schlingenförmige Umbiegung, namentlich in der Reihe des horizontalen Faserzuges auf der Grenze der vierten und fünften Schicht gelichtet hatten. Es entstehen dadurch sehr zierliche fächerförmige Ausbreitungen von grosser Symmetrie, welche durch das Aneinanderlagern ihrer Endradien in einander übergehen und bald nach oben bald nach unten sich entfalten. Aus der dritten Schicht treten bis auf wenige Ausnahmen nur feine Nervenfasern in die zweite über, welche durch diese bald gerade, bald im Bogen hindurch nach der ersten ziehen, aber auch vielfache Netze zu bilden scheinen. Da jedoch eine Verwechslung der Fasern mit kleinsten Capillaren möglich ist, so darf auf diesen Befund nicht viel gegeben werden. Höchstens darf er zu weiteren Untersuchungen auffordern. Die erste Schicht lässt nur Nervenfasern erkennen, welche sich durchaus so verhalten, wie es in dem mit Carmin gefärbten Präparate der Fall war.

Bei der Behandlung mit Oxalsäure, von der eine gesättigte Lösung in fünf bis zehn Minuten das Object aufhellt, so dass es mit Glycerin sehr gut untersucht werden kann, ist der Befund dem vorigen sehr ähnlich. Die Nervenfasern verhalten sich fast ganz gleich, aber die Zellen und Kerne treten daneben hervor. An den Ganglienzellen erscheint das Protoplasma durchsichtig und wie der stärkste nach der Peripherie gerichtete Fortsatz stark lichtbrechend. Letzterer zeigt rauhe, zackige Ränder, wie die Nervenfasern, so dass Zellenfortsatz und feinere Nervenfasern nicht zu unterscheiden sind. Nach kurzer Einwirkung des Reagens zeigen sich auch blasse, matte, sternförmige Zellen, deren dünne, zarte Ausläufer allmählig aufhören, ohne abgebrochen zu sein. Es dürften dies wohl aus ihren Verbindungen gelöste Bindegewebszellen sein, welche von der Säure bald gänzlich aufgelöst werden.

Alle diese Verhältnisse zeigen sich in gleicher Weise durch die ganze Hirnrinde, wo immer auch die Schnitte hergenommen sein mögen, und finden sich auch in dem Vogelsporn und im Ammonshorn, welche beide ja nur Duplicaturen der Hirnrinde sind, von denen die letztere noch der Länge nach gefaltet ist. Den Vogelsporn habe ich niemals so complicirt gefunden, dass er besonders berücksichtigt zu werden verdiente. Ich wende mich dieserhalb sofort zum Ammonshorn, das übrigens in seinem Verhalten zu den Hirnhöhlen dem Vogelsporn völlig gleicht.

Was nun dieses betrifft, so scheint freilich nach Kupfer sein Bau von dem der übrigen Hirnrinde in manchen Puncten abzuweichen. Allein dem ist meiner Ansicht nach nicht so. Kupfer nimmt sieben Schichten an, welche nach der Tinction mit Carmin an senkrechten Querschnitten schon mit blossem Auge unterschieden werden können. Die oberste Schicht bestehe aus feinen kreuz und quer verlaufenden Nervenfasern, die zweite aus einer unbestimmten moleculären Masse, welche aller anderen Gewebselemente entbehre. Die dritte Schicht enthalte mehrere Reihen Ganglienzellen übereinander. Dieselben liegen in der oberen Windung dicht gedrängt, in der unteren und beim Uebergange in den Gyrus hypocampi dagegen sehr zerstreut. Da wo die Zellen dicht an einander gedrängt sind, erscheinen sie lang gestreckt und radienartig mit dem längsten Durchmesser gegen die Peripherie gestellt. Von diesen Zellen seien die höher gelegenen durch kurze breite Bänder verbunden, so dass je zwei derselben nur einen einzigen bisquitförmigen Körper zu bilden

scheinen. Die zerstreut liegenden Ganglienzellen seien grösser, eiförmig oder dreiseitig und nicht so ausgesprochen radial gestellt, indessen mit dem breiteren Ende meistens peripherisch gerichtet. Von den ovalen Zellen gehe gewöhnlich ein Fortsatz in centraler Richtung, zuweilen noch ein zweiter nach der Peripherie zu ab. Die dreiseitigen Zellen seien mit drei Fortsätzen versehen. Die centralen Fortsätze verliefen in gerader Richtung, die peripherischen aber biegen bald nach ihrem Austritte rechtwinklig um und gehen muthmasslich in die moleculäre Schicht über. Die vierte Schicht sei eine radial gestreifte und werde vorzugsweise von den central verlaufenden Fortsätzen der Ganglienzellen zusammengesetzt, welche in eine moleculäre Masse eingebettet sind. Ohne scharfe Grenze gehe diese Schicht in die fünfte über. Dieselbe, der oberen Windung des Ammonshornes eigenthümlich, sei ein weitmaschiges Stratum reticulare, dessen Elemente aus vielfach verflochtenen Fasern bestehen, welche sich aus den Fortsetzungen der vorigen Schicht herausgebildet zu haben scheinen. Die sechste Schicht sei wieder eine moleculäre. Sie sei durch einen Fortsatz der Pia mater von der fünften getrennt und begrenze somit das untere Blatt des Ammonshornes gegen seine Spalte hin. Die siebente Schicht sei eine Körnerschicht. Die Körner seien rund, scharf contourirt, kernlos, 0,008 bis 0,012 Mm. im Durchmesser haltend, meistens mit ein oder zwei zarten Fasern versehen, vermittelst deren sie unter sich im Zusammenhang zu stehen scheinen. Diesen Fortsätzen ähnliche Fasern dringen von der Peripherie her in den Raum ein, welcher durch das Umbiegen der Körnerschicht aus der oberen Windung in die untere beschrieben wird, und verlaufen von den beiden einander zugekehrten Rändern der Körnerschicht convergent nach dem obersten Puncte dieses Raumes zu. In demselben lagern ausserdem in einer moleculären Masse zerstreute Ganglienzellen und stärkere dem Rande der Körnerschicht parallel laufende Faserzüge.

Soviel zur Orientirung über Kupfer's Ansichten, welche hauptsächlich durch die Untersuchungen von Kaninchen gewonnen worden sind, und von denen meine eigenen vielfach abweichen. Die erste Schicht nämlich, welche sich durch Carmin schön rosa färbt, durch Essigsäure aufhellt, und aus einem dichten Geflecht sehr feiner, grösstentheils paralleler Fasern besteht, zwischen denen kleine blasse Kerne und gewöhnlich zahlreiche Corpora amylacea eingestreut sind, halte ich nicht für nervöser Natur, sondern für das Ependym, das

von den Wänden des Ventrikels auf das Ammonshorn übergeht. Der Umstand, dass Alkalien und Oxalsäure das Gewebe aufquellen und glasig hell, fast structurlos machen, bekräftigt diese Ansicht. Diese Schicht hat darum mit dem Ammonshorn an und für sich auch nichts zu thun: sie verhält sich zu ihm etwa wie die Pia mater zur Hirnrinde überhaupt.

Die zweite Schicht, welche als moleculäre bezeichnet wird und trotz der Carmintinction grau bleibt, durch Essigsäure nur soweit verändert wird, als die Bestandtheile derselben schärfer hervortreten, lässt bei einer Vergrösserung von 400 bis 600 mal 1) eine grosse Menge kleiner Kreise erkennen, welche bald einfach bald doppelt (concentrisch) erscheinen und einen dunklen, öfters röthlich scheinenden Kern einschliessen; 2) eine grosse Anzahl breiterer Fasern wahrnehmen, die gewöhnlich kurz abgerissen erscheinen, unregelmässig geschrumpfte Contouren haben, zwischen denen ein dunklerer, ebenfalls öfters röthlich scheinender Streif eingeschlossen liegt. Nach Zusatz von Kali, Natron oder Oxalsäure erscheinen auch eine grössere Menge langer, dunkelrandiger, variköser Fasern, welche ziemlich parallel der krummen Richtung der Schicht folgen. Die moleculäre Masse löst sich demnach in ein dichtes Geflecht von Nervenfasern auf, welche in verschiedenster Weise durch den Schnitt getroffen worden sind. Zwischen den Nervenfasern sieht man im Carminpräparate sparsame, zarte, blassrosa gefärbte, stielrund und nach Essigsäurezusatz heller erscheinende Fasern, welche sich mehrfach verzweigen und mit blassen, rosafarbenen Kernen und zarten, sternförmigen Zellen in Verbindung zu stehen scheinen, also bindegewebiger Natur sein dürften. Diese Nervenfaserschicht stammt, wie wir sehen werden, aus dem äussersten Theile des Marklagers, und setzt sich in die Faserzüge fort, welche unter dem Ependym die Ventrikeloberfläche bedecken. Für das Cornu Ammonis repräsentirt sie das Marklager. Im innern Theile der Schicht sind die Fasern besser erhalten und regelmässiger aneinander gefügt als im äussern. Sie scheinen also einen dem Schnittrande, d. i. der Convexität des Ammonshornes mehr parallelen Verlauf zu nehmen.

Um die folgenden Schichten in ihrer Bedeutung erkennen zu können, ist es nöthig, einen anderen Weg einzuschlagen. Wir verfolgen die Pia mater, welche von unten her einen Fortsatz zwischen die Windungen schickt und obgleich wir da in die Mitte des Ammonshornes hineingelangen, fangen wir doch von hier aus die Schichten

an zu zählen, gerade wie wir es sonst von der Pia mater aus gethan haben. Die Pia mater lässt sich jedoch nur eine ganz kurze Strecke verfolgen. Dann ist sie verschwunden und nur die Gefässe noch lassen sich weiter in Acht behalten. Sie ziehen in der Krümmungsaxe des Ammonshorns weiter und lösen sich schliesslich — ich will diesen Ort die Mitte des Ammonshorns nennen — in ein weitmaschiges Netz auf. Ihr Verlauf im Ganzen beschreibt also einen Bogen. Zu beiden Seiten des eintretenden Gefässes sieht man nun auch nach der Carminlösung einen grauen Streifen, der bald mit dem der anderen Seite verschmilzt und bei einer Vergrösserung von 250 bis 300 mal ein ziemlich regelmässiges Fasergewebe erkennen lässt. Nach der Mitte zu weichen die beiden Lamellen wieder aus einander, so dass eine sehr enge, nach einer Seite gebogene Schlinge gebildet wird, in welcher das beregte Gefässnetz liegt. Bei stärkerer Vergrösserung und nach Essigsäureeinwirkung, noch mehr nach der Behandlung mit Alkalien und Oxalsäure treten die Fasern deutlicher hervor, zeigen einen in der Hauptrichtung parallelen, aber unter einander sich oft und vielfach kreuzenden Verlauf und viele Durchschnittsflächen, kleine Kreise mit einem dunkeln Kern in der Mitte. Ich halte diesen Zug Nervenfasern für eine Fortsetzung des dünnen Nervenfaserbelages der Hirnrinde vom Gyrus hypocampi her und demnach für identisch mit der ersten Schicht der grauen Substanz (vergl. Fig. 1). Je weiter nach oben, desto mehr nehmen die Querschnitte der Fasern überhand. Sie fangen an als kleine Inseln in dem übrigen Faserzuge aufzutauchen und in der Mitte des Ammonshornes, in den Maschen des mehrfach genannten Gefässgeflechtes herrschen sie allein als zahlreiche graue Plaques. Sie entsprechen Faserzügen, welche senkrecht auf die Richtung der beschriebenen und somit parallel der Längsaxe des Ammonshornes verlaufen.

Die zweite Schicht, blassröthlich, ist körnigfaseriger Natur und besteht der Hauptsache nach aus Neuroglia mit all den Elementen, Kernen und Zellen, welche wir für die zweite Schicht der Hirnrinde überhaupt angegeben haben. Sie umgiebt die erste Schicht vollständig von Anfang bis zu Ende und bildet auf diese Weise eine zweite die erste umschliessende Schlinge. Zahlreiche Nervenfasern senken sich aus der ersten Schicht auch in sie ein und durchsetzen sie, indem sie nach der innersten Schicht ziemlich senkrecht oder in weiten Krümmungen hinziehen. Ausserdem gehen noch Fasern durch sie hindurch, welche eine den Fasern der vorigen Schicht parallele

Richtung haben. An der concaven Seite, nahe der Umbiegung, bildet sich aus den bindegewebigen Theilen der Schicht ein Netzwerk mit unregelmässigen Maschen heraus, jenes Stratum reticulare, das Kupfer beschrieben und aus der folgenden, seiner dritten Schicht, hervorgehen lässt, das nicht unähnlich dem Gerüst des Rückenmarkes ist und blasse Zellen und Kerne enthält. Durch Kali, Natron und Oxalsäure wird die Structur dieses Stratum undeutlich, die Zellen und Kerne entziehen sich der Beobachtung, aber einige zerstreute Nervenfasern treten dafür in die Erscheinung. Durch diese locale Erweiterung wird die Schicht in der Nähe der Umbiegung bauchig verbreitert und der Krümmungsbogen für die nächste Schicht grösser. Diese, die dritte Schicht, ist nur theilweise vorhanden, indem sie nur an der Concavität sich findet. Sie ist die von Kupfer als siebente bezeichnete Körnerschicht, nimmt ihren Anfang an dem Uebergange in den Gyrus hypocampi und endigt dicht vor dem Stratum reticulare. Die von Kupfer den Körnern beigelegten Eigenschaften zeigen sich beim Menschen nur bei schwacher Vergrösserung. Schon bei 300maliger, zweifellos aber bei einer 400- bis 600 maligen werden sie als die Kerne von Zellen erkannt und die Fortsätze als die Fortsätze dieser. Die Zellen der inneren Lage sind kleiner und minder dicht gestellt als die der äusseren. Die grösste Anhäufung derselben überhaupt ist auf der Höhe des Bogens. Alle Zellen, eiförmig oder dreieckig, haben einen stärkeren längeren Fortsatz, der nach der convexen inneren Seite, also nach der zweiten Schicht gerichtet ist, und mehrere zartere, welche in mehr horizontaler oder peripherischer Richtung abgehen und öfters in dichtem Gewirre liegen. Ihr Kern ist gross, dunkelgerandet, granulirt, öfters ein grösseres deutliches Kernkörperchen enthaltend. Nervenfasern dringen aus der nächstfolgenden Schicht durch sie hindurch, verlieren sich in der zweiten, oder gehen nach längerer oder kürzerer Bogenbildung am oberen Rande wieder zurück. Dazwischen liegen eine grosse Anzahl stielrunder, verästelter Fasern, die durch Carmin sich färben und durch Essigsäure aufquellen, durch Alkalien rasch lösen, also wohl Bindegewebe sind. Nach Essigsäurezusatz treten die Zellen und Kerne schärfer hervor. Nach Zusatz von Alkalien oder Oxalsäure erblassen sie; doch zeigt eine dunklere Punctirung auch jetzt noch ihre Existenz an. Die Nervenfasern dagegen werden nach den angegebenen Zusätzen deutlicher und viele erscheinen als mittelstarke dunkelrandige. Kölliker rechnet die Zellen dieser Schicht zur

Schicht zur Bindesubstanz und vergleicht sie mit denen der rostfarbenen Schicht des Cerebellum. Sie würden demnach eine Art Ausfüllungsmasse sein. Mir scheinen sie dagegen nervöser Natur zu sein, und die ganze Schicht halte ich für entsprechend der dritten und vierten Hirnrindenschicht d. i. der »reingrauen« Kölliker's. (Vergl. Fig. 5 i.)

Die vierte Schicht ist die von Kupfer als dritte bezeichnete. Sie umgiebt in grossem Bogen die bisher beschriebenen, indem sie allen ihren Windungen folgt. Sie grenzt in der Concavität an die dritte, in der Convexität an die zweite Schicht. Sie besteht zum grössten Theile aus Neuroglia und enthält sehr grosse, langgestreckte oder birnförmige Ganglienzellen, welche im Allgemeinen die Anordnung zeigen, die Kupfer beschrieben hat. Ich betone davon nur die radiäre Stellung derselben und centripetale Richtung des stärksten Fortsatzes. Den Uebergang der anderen Fortsätze in die zweite Schicht habe ich nicht sehen können, eben so wenig war es mir möglich, den Zusammenhang zweier Zellen in der von Kupfer beschriebenen Weise zu erkennen. Die Schicht enthält einen grossen Reichthum an Nervenfasern, der besonders nach Alkalien und Oxalsäure deutlich wird. Die Fasern, meistens mittelbreit, ziehen nach allen Richtungen, sich vielfach kreuzend und biegend, und liegen an zwei Stellen zu breiteren Zügen verbunden zusammen. Der eine derselben befindet sich dicht unter der dritten Schicht, der Biegung derselben folgend, der andere stärkere zieht am Rande der zweiten Schicht hin und verliert sich zwischen den gedrängten Ganglienzellen. Beide Züge, zum Theil verbunden, entsprechen dem horizontalen Faserzuge der Hirnrinde, der auf der Grenze zwischen der vierten und fünften Schicht liegt.

Dadurch, dass die vierte Schicht der Concavität folgt, ohne sie auszufüllen, bleibt noch ein dreieckiger Raum frei. In diesen sendet die zweite Schicht Kupfers, jenes nur aus Nervenfasern bestehende, dicht unter dem Ependym gelegene graue Stratum, einen Keil von Nervenfasern, welche gegen die dritte und vierte Schicht ausstrahlen und sich in dieselbe verfolgen lassen, oder nach Bogenbildungen wieder zurücklaufen. Es ist dies die von Kupfer beschriebene Faserung zwischen den inneren Rändern der Körnerschicht. Der mittelste Theil dieser Fasermasse geht ununterbrochen nach rechts und links in die breiten Faserzüge über, welche wir in der vierten Schicht beschrieben haben. Einzelne zerstreute, unregelmässig dreieckige,

grosse Zellen lagern in diesem Stratum mit mehr oder minder deutlich nach den genannten Schichten gerichteter Spitze. Es ist dieses Stratum der Anfang des Marklagers des Ammonshornes, wenigstens der Punct, an dem nachweislich der Uebergang von Nervenfasern in die Markmasse des Gehirns erfolgt.

Wir haben demnach auch in dem verwickelten Gebilde des Ammonshornes denselben einfachen Bau der Hirnrinde und finden in ihm dieselben Elemente in der nämlichen Anordnung. Es fragt sich nur, welche Bedeutung haben dieselben und in welchem Verhältniss stehen sie zu einander. Um dies zu erörtern, wende ich mich zu den einzelnen Theilen im Speciellen.

Was zuerst die Ganglienzellen betrifft, so zeigen dieselben durchaus nicht jene grosse Verschiedenheit der Gestalt, welche ihnen nachgesagt wird, und die sie auch wirklich auf den ersten Blick, namentlich in Schnitten zeigen. Wenn Deiters von der centralen Ganglienzelle im Allgemeinen behauptet, die Zahl ihrer Formen sei Legion, so wird Niemand etwas dagegen einwenden können; wird aber dieser Satz, wie neuerlich von anderer Seite geschehen, ohne Weiteres auf die Zellen der Grosshirnrinde übertragen, so muss dem auf das Entschiedenste entgegen getreten, und eine unzureichende Präparationsmethode, durch welche fast nur verstümmelte Zellen zur Anschauung gebracht werden, dafür als Grund angesehen werden.

Als unzureichend für diesen Zweck glaube ich aber jede Untersuchung eines frischen Gehirns bezeichnen zu können. So verführerisch es ist, anzunehmen, dass das möglichst unveränderte Organ die besterhaltenen Ganglienzellen vor uns entfalten werde, so wenig wird diesem in Wirklichkeit entsprochen. Alle mikroskopischen Bilder frisch untersuchter Gehirne, gleichviel ob Blutwasser, Herzbeutelflüssigkeit, Jodserum, verdünntes Glycerin, Kochsalz und Alkalien enthaltendes oder angesäuertes Wasser als Zusatzflüssigkeit benutzt wurde, haben mich in Bezug auf die zelligen Elemente im Stich gelassen. Das Menstruum war immer stark getrübt, die Elemente waren durch das vorhergegangene Isoliren der Theile gezerrt oder zerrissen und doch nicht so breit auseinandergelegt, dass alles dazwischen Liegende vollkommen erkannt werden konnte, und wenn auch Kerne und Stücke von Nervenfasern in hinreichender Zahl isolirt nach allen Richtungen deutlich durchforscht zu werden vermochten, für die Ganglienzellen war dies nicht möglich. Sie waren

immer defect, die Fortsätze fehlten beinahe stets, oft sogar Theile des Körpers, und was noch übrig war, wurde durch Neurogliafetzen bedeckt. Für ebenso unzureichend muss ich auch die Untersuchung an gehärteten Präparaten erklären.. Erstens gelingt es nicht leicht, an diesen die Ganglienzellen zu isoliren. Auch die zartesten Schnitte, in Glycerin zerzupft, erlauben kaum mehr als eine Zerkleinerung, keine wirkliche Zerlegung; ein vollständiges Herauslösen der Zellen aus ihrem Lager ist selten und zufällig, und wenn es wirklich glückt, so bekommt man es zweitens mit einem geschrumpften und zerbrochenen Körper zu thun, der zwar im Grossen und Ganzen seinen ursprünglichen Charakter erkennen lässt, der aber wenigstens seiner feineren Fortsätze beraubt ist.

Der einzige Weg, auf welchem man etwas erreichen kann, ist vorläufig der von Deiters angegebene: die gleichzeitige mässige Härtung und Maceration in sehr verdünnten Lösungen der Chromsäure und ihrer Salze. Ich habe mich möglichst an die von Deiters gegebenen Vorschriften gehalten, und wie dieser im Gegensatz zu Besser gefunden, dass starke Lösungen nur ausnahmsweise nicht schaden, dass aber gewöhnlich bei rascher Gerinnung an der Oberfläche ein Zerfall im Innern des Präparates vor sich gehe. Ich habe immer eine Lösung von $^{1}/_{20}$ bis $^{1}/_{10}$ Gr. Chromsäure oder $^{1}/_{2}$ bis 1 Gr. Kal. bichromic. auf die Unze Wasser angewandt und ein Drittheil bis ein halb Zoll dicke Stücke eingelegt. Nach drei bis sechs Stunden habe ich die von Blut und Serum durchtränkte Flüssigkeitsmenge durch neue ersetzt und am nächsten Tage von den fast zum Doppelten aufgequollenen Stücken die gallertartig gewordenen Ränder untersucht.

Wurde die Flüssigkeit nicht gewechselt, so war namentlich in den Sommermonaten schon am nächsten Tage eine zu starke Erweichung und beginnender Zerfall der Präparate eingetreten. Ich habe nie, wie Deiters es gethan, die zu untersuchenden Stücke zwei Tage lang in derselben Flüssigkeit ungestraft liegen lassen dürfen. Aber Deiters hat auch meist mit dem festeren Rückenmark und Kleinhirn und wahrscheinlich auch in kühleren Räumen gearbeitet. Welchen Concentrationsgrad der Flüssigkeit man von vornherein anzuwenden hat, hängt ganz und gar von der Consistenz des Gehirnes ab. Ein weiches, ödematöses Hirn verlangt natürlich von Anfang an eine stärkere Lösung, als ein derbes, festes, und wird überhaupt früher zerfallen als dieses.

War es nöthig, die Präparate weiter aufzubewahren, so übergoss ich sie mit stärkeren Lösungen von $^1/_{10}$ bis $^1/_5$ Gr. Chromsäure, oder ein bis zwei Gr. Kal. bichromic. auf die Unze Wasser. Im Winter konnte ich damit die Präparate bis zum fünften und sechsten Tage erhalten, im Sommer jedoch waren sie am vierten, oft schon am dritten nicht mehr zu gebrauchen. Um sie länger zu erhalten, mussten sie alsdann am zweiten, spätestens dritten Tage in stärkere Lösungen gebracht werden. Doch gaben sie darnach späterhin wohl noch brauchbare Schnitte, indessen gestatteten sie keine Isolirungen mehr. Ich bin nie so glücklich gewesen, wie Besser, noch nach acht Tagen, oder gar wie Gerlach, noch nach Wochen für die Isolirung brauchbare Objecte auf diese Weise conservirt zu haben. Entweder waren die Präparate schon zu stark erhärtet und die Ganglienzellen zu fest in das sie umgebende Gewebe eingekittet, oder es war Alles mehr oder weniger Detritus geworden.

Von den brauchbaren Präparaten, von denen sich kleine Partikelchen leicht und, ohne Faden zu ziehen, lösen lassen, wurden nun Stückchen in ammoniakhaltiger Carminlösung gefärbt, und nachdem sie in reinem oder angesäuertem Wasser ausgewaschen waren, in Glycerin zerzupft. Einen wesentlichen Unterschied zwischen Präparaten nach dieser oder jener Behandlungsweise habe ich nicht bemerkt und halte ich dieselbe deshalb für gleichgültig. Für ebenso gleichgültig halte ich auch die Wahl eines anderen Färbemittels, obschon Indigcarmin und Anilinlösungen hier mehr, als bei den gehärteten Präparaten leisten. Jedenfalls leisten sie nichts Besonderes.

Es gelingt bei dem beschriebenen Verfahren in jedem Präparate einige gut erhaltene Zellen vollständig zu isoliren und von den übrigen, trotzdem sie in Neurogliamassen eingebettet liegen, eine grössere Anzahl so klar vor Augen zu legen, dass sie ziemlich deutlich durchschaut werden und als Ergänzung zu den isolirten dienen können. Ueberraschend fällt vor Allem ihre ausserordentliche Gleichmässigkeit im Baue auf. So verschieden wie sie an Grösse erscheinen mögen, — sie wechseln nämlich zwischen einer Länge von 0,030 bis 0,035 Mm., einzelne bis 0,040 Mm. bei einer Breite von 0,013 bis 0,017 Mm. und einer Länge von 0,015 bis 0,018 Mm. bei einer Breite von 0,010 bis 0,015 Mm. — so stellen sie doch alle Pyramiden mit unregelmässiger Basis und einer bald mehr, bald weniger vorgezogenen Spitze dar. Von jener gehen drei, vier bis fünf zarte, dichotom getheilte Ausläufer ab, diese verlängert sich in einen einzigen, je

nach der Grösse der Zelle bald stärkeren, bald schwächeren Fortsatz, welcher, ausgenommen die dichtgedrängten Zellen der vierten Schicht des Ammonshorns, stets unverästelt ist. Statt jener mehrfach vorhandenen Ausläufer der Basis, deren übrigens von anderen Beobachtern noch mehr gezählt worden sind, findet man' hie und da, besonders an einzelnen grossen Zellen des oberen Theiles der fünften Schicht und der vierten des Ammonshornes, nur einen einzigen stark entwickelten Fortsatz, welcher mehr oder weniger rechtwinklig und nur in seltenen Fällen in der verlängerten Längsaxe der Zelle abgeht. Meistentheils sieht man neben diesem starken Fortsatze noch mehrere kleinere, wie in Fig. 5 bei k und m, und dieser Umstand spricht auf das Entschiedenste dafür, dass wir es nicht mit einem andern Zellentypus, sondern nur mit einer Abänderung des gewöhnlichen, wenn der Ausdruck gebraucht werden darf, mit einer Art Monstrosität desselben zu thun haben. Dass die Entwickelung eines Theiles auf Kosten anderer so weit gehen kann, dass diese vollständig zu fehlen scheinen, ist in der Natur etwas durchaus Gewöhnliches. Wenn wir in Fig. 5 l darum ausser dem einen starken Ausläufer keine anderen sehen, so berechtigt uns dies noch nicht zu der Annahme, dass dadurch eine ganz andere Zellenart repräsentirt werde. Im Gegentheil, da das Vorkommen solcher Zellen ein sehr vereinzeltes ist, so sind wir schon gezwungen, sie auf die gewöhnlichen Formen zurückzuführen. Durch jene unter Fig. 5 bei k und l abgebildeten Zellen, die sich häufiger zeigen, wird das sehr leicht, zumal wir uns bloss zu denken haben, dass der fragliche Fortsatz mit dem ihm gegenüberliegenden sich nicht in einer Ebene zu befinden braucht, sondern wie der Fortsatz α in Fig. 5 k unter einem stärkeren Winkel zu ihm steht, dass dieser Winkel aber durch die Lage der Zelle aufgehoben wird, indem das Deckglas den in die Höhe stehenden Fortsatz niederdrückt. Die Unterscheidung von spindelförmigen Zellen neben pyramidenförmigen, wie sie von Berlin vorgenommen worden ist, halte ich demnach in Betreff der Zellen der Gehirnrinde für ungerechtfertigt. Wahre spindelförmige Zellen, wie sie im Corpus dentatum des Kleinhirns, in der Substantia nigra der Hirnstiele und des verlängerten Markes, in den hinteren Hörnern des Rückenmarkes in der Nähe des Centralcanals vorkommen, habe ich dort niemals gesehen.

Der Fortsatz an der Spitze, welcher durch seine grössere Derbheit, durch seine Dicke und Länge sich auf den ersten Blick als

den Hauptfortsatz der Zelle offenbart, lässt manche Verschiedenheiten erkenn. Imne Allgemeinen steht seine Entwickelung zu der Grösse der Zellen in geradem Verhältniss; doch giebt es grosse Zellen, an welchen er verhältnissmässig schwach, und kleine Zellen, an denen er verhältnissmässig stark ausgebildet ist. (Vergl. Fig. 5 c, e, f, g.) Immerhin ist aber festzuhalten, dass derselbe an grossen Zellen vornehmlich derber, rigider und an kleinen zarter erscheint. Ausserdem muss man berücksichtigen, dass die Grösse eines Zolles keineswegs bloss durch die gleichmässige Entwicklung aller Zellendurchmesser, sondern schon durch die eines einzigen bestimmt wird, und dass es ganz ansehnliche Zellen giebt, die bei oberflächlicher Betrachtung klein erscheinen und erst nach genauerer Untersuchung als sehr lang gestreckte und darum grosse sich manifestiren, wie z. B. die durch Fig. 5 f aus den oberen Partieen der fünften Schicht einer Frontalwindung dargestellte. Ganz davon abgesehen kann der Fortsatz seine ursprüngliche Stärke im weiteren Verlaufe behalten, wie der in Fig. 5 f, oder er wird allmälig dünner und zarter, wie in Fig. 5 c und e. Jenes findet sich vornehmlich an den schmalen, langgestreckten Zellen, die besonders in der fünften Schicht der Frontalwindungen häufiger vorkommen und welche dadurch etwas Keulenförmiges erhalten; dieses kommt mehr bei den breiten vor und ist das Gewöhnliche. Im letzteren Falle findet, wie es scheint, sehr oft eine Umbiegung des Fortsatzes statt. Ich habe dieselbe nicht bloss an isolirten Zellen häufig beobachtet und fortbestehen sehen, auch nachdem die Zelle durch Verschieben, Heben und Senken des Deckgläschens in der Flüssigkeit bewegt worden war, so dass nicht bloss die zufällige Lagerung davon die Ursache sein konnte, sondern auch an solchen, die in Schnitten lagen, oder zufällig sich aus ihnen herausgelöst hatten. In der Mehrzahl der Fälle war der Fortsatz an der Beugestelle abgebrochen, in wenigen anderen verlor er sich hinter derselben in Neurogliamasse. (Vergl. Fig. 4 a uud Fig. 5 c und e.)

An den schmalen, langgestreckten Zellen lässt sich der Hauptfortsatz oft in überraschender Länge erhalten und zumal in Schnitten weithin über das Gesichtsfeld verfolgen. Er scheint dann ganz und gar den Charakter von Nervenfasern zu erhalten: er ist ungefärbt glänzend, dunkelrandig, tritt auf Zusatz von Essigsäure schärfer hervor, ist mit einem Worte von den daneben liegenden schmalen Nervenfasern durchaus nicht zu unterscheiden. An gut isolirten Zellen

dieser Art wollte es mir sogar einige Male scheinen, als ob man den Uebergang in markhaltige Fasern in der That beobachten könnte. Eine solche Isolirung zu bewerkstelligen, ist indessen schwer, und hängt das Meiste dabei wohl vom Zufall ab. Es bricht nämlich der Fortsatz gewöhnlich dicht vor dem Uebergange in die Nervenfaser ab, weil bei den verschiedenen Manipulationen zur Isolirung dieser Theil am meisten durch Biegen und Zerren insultirt wird, indem die grösseren und derberen Theile der Zelle und Faser um ihn als Drehpunct sich bewegen. Gelingt es jedoch, einen wohlerhaltenen Fortsatz zur Untersuchung zu bringen, so findet man, dass derselbe, (Fig. 5 a und f) Anfangs der Zellensubstanz ganz gleich, auf einmal ein anderes Verhalten an den Tag legt. Er wird dicker, glänzender, starrer und bei schiefer Beleuchtung, was vorher nicht der Fall war, goldglänzend mit schwarzem Contour an der dem Licht abgewandten Seite. Bei starker Vergrösserung von 500 bis 600 mal habe ich auch noch in seiner Mitte einen rothen Strich gesehen, auf den wir später zurückkommen werden, so dass er alsdann schwarzrothgold erschien und sich vom oberen Theile um so deutlicher absetzte. So auffallend indessen, wie G. Walter den Uebergang von Ganglienfortsätzen in markhaltige Nervenfasern darstellt, habe ich denselben nie zu Gesicht bekommen. Dieser Fortsatz trägt sonach alle die Charaktere an sich, welche Deiters seinem Axencylinderfortsatz zuschreibt, und ich nehme nicht Anstand, ihn für das demselben entsprechende Gebilde der Hirnrindenganglien anzusehen. Zuweilen entspringt oberhalb des Abganges dieses Hauptfortsatzes noch ein anderer Fortsatz, und auf den ersten Blick sieht es aus, als ob beide zusammen aus der Spitze herauskämen. Doch ist das nur scheinbar. Der erwähnte Ausläufer (Fig. 5 a) tritt noch aus dem Zellenkörper hervor und steht zum Hauptfortsatz in keinem näheren Zusammenhange. Er verhält sich wie die Basalfortsätze, ist blass, dünn und spaltet sich bald in mehrere Zweige. Uebrigens ist sein Vorkommen selten. Nur an den dicht gedrängt stehenden, lang gestreckt erscheinenden Zellen in der oberen Windung der vierten Schicht des Ammonshorns ist dieser Fortsatz in der That gespalten und zwar wiederholt. (Fig. 5 h.) Der Hauptfortsatz der andern Zellen zeigt nicht diese Charaktere, dennoch ist sein ganzes Verhalten zu seiner Zelle, selbst an den Ganglienzellen des Ammonshornes, bei denen er sich dichotom spaltet, dem des Hauptfortsatzes der lang gestreckten, keulenförmigen Zellen so ähnlich, dass man gewiss nicht zu viel thut, wenn

man ihn für dasselbe Gebilde ansieht und an ihm dieselben weiteren Eigenschaften vermuthet, und das um so mehr, als ich es für sehr wahrscheinlich halte, dass man an den Zweigelchen der Zellen des Ammonshornes in Schnitten den Uebergang in dunkelrandige Nervenfasern wird auffinden können. Ich habe zu wiederholten Malen nach Behandlung mit Natrum Bilder gesehen, welche in dieser Hinsicht im höchsten Grade verführerisch waren. Da aber ein Bild, welches diese Frage ausser allen Zweifel stellt, doch nur durch einen glücklichen Zufall geliefert werden wird, so möchte ich die Bitte aussprechen, hier einmal viribus unitis nachzuspüren. Nichts desto weniger will ich davon für jetzt gänzlich absehen. Es genügt mir, nachgewiesen zu haben, dass Zellenfortsätze in der Hirnrinde in dunkelrandige Nervenfasern übergehen und dass an diesen Fortsätzen öfters Biegungen vorkommen.

Hier will ich auch noch einen Punct berühren, der seit langem Gegenstand der Controverse ist, den Uebergang der Fortsätze zweier Zellen in einander, die sogenannte Ganglienanastomose. Ich stelle mich auf die Seite derjenigen, welche für die Existenz derselben eintreten. Aber ich halte sie für einen seltenen und zufälligen Befund. Ich habe sie nur einmal so gesehen, dass ich mich von ihrem Bestehen überzeugt hielt und habe diesen Fall in Fig. 5 d abgebildet. Beide Zellen lagen am Rande des Präparates in einer dünnen Ausbreitung von Neuroglia und waren nach allen Richtungen gut zu untersuchen. Ich zeigte sie Herrn Dr. Köppe, der Jahre lang sich der Untersuchung der Centralorgane gewidmet hat, und dieser stimmte mit mir in Betreff der Beurtheilung des Befundes ganz überein. Weit öfter dagegen bekommt man Bilder zu Gesicht, wie ich eines in Fig. 4 b und 5 b wiederzugeben versucht habe. Die Verbindung scheint offenbar zu sein und dennoch ist es nicht möglich sie mit Bestimmtheit zu behaupten.

In Betreff des Zellenkörpers und Zelleninhaltes vermag ich nur sehr wenige Bemerkungen zu machen. Es sind zu zarte Untersuchungsobjecte, die der Beobachtung sich gar zu sehr entziehen, als dass sie unter Anwendung der bisher bekannten Hilfsmittel genaueren Einblick gestatteten. Hinsichtlich der Textur erscheint der Ganglienkörper als zartes, blasses Häufchen, das hin und wieder ein leichtgekörntes Aussehen hat. Stärkere Körnung desselben, wie diese z. B. an den Purkinje'schen Zellen des kleinen Gehirns, oder leichte Streifung, wie sie an den grösseren Rückenmarkszellen vor-

kommt, hat bei ihnen nicht statt. Noch weniger natürlich lassen sich anderweitige Linien oder gar Züge von Fasern, wie sie nach Frommann und Beale an grösseren Ganglienzellen vorkommen sollen, irgendwie entdecken.

Den Inhalt bildet der dunkelcontourirte Kern, welcher stets in der Nähe der Basis gelegen, bald als ziemlich runde Scheibe, bald elliptisch, bald spindelförmig erscheint, und mit einem stark lichtbrechenden Kernkörperchen ausgestattet ist. Die beiden letztgenannten Kernformen sind natürlich keine specifischen, sondern lediglich der optische Ausdruck des mehr oder weniger auf die Kante gestellten, linsenförmigen Kernes. Sie sind mir deshalb Beweis, dass die Linsenform für die Kerne überhaupt die gesetzmässige ist. Die Zellen liegen gewöhnlich der Art, dass der Kern die eine oder die andere Fläche zur Ansicht bietet und daher rund, fast wie ein Kugeldurchschnitt erscheint, und nur in dem Falle, dass die Zelle so liegt, dass der Kern auf der Kante aufsteht, werden wir über seine wahre Gestalt unterrichtet. Nach einigen Autoren, wie Jacubowitsch, sollen auch zwei Kerne in derselben Zelle vorkommen. Mir sind solche Verhältnisse in der Hirnrinde nicht zu Gesicht gekommen, obschon die Möglichkeit dazu nicht geleugnet werden kann, da an anderen Orten dergleichen Beobachtungen wiederholt gemacht worden sind, und ich selbst Zellen mit zwei Kernen im kleinen Gehirn, sowie in den vorderen Hörnern des Rückenmarks gesehen habe. Um den Kern lagern in grösserer oder geringerer Menge Körnchen eines gelblichen, fettähnlichen Stoffes, der durch Chromsäure, durch das Ammoniak der Carminlösung nicht verändert, durch Alkalien erst spät angegriffen wird und sich dadurch wesentlich von den Fettkörnchen anderer Zellen unterscheidet. Diese Körnchen, welche als Pigment die Ganglienzellen anderer Gegenden, z. B. der Substantia nigra peduncul. cerebr. ganz erfüllen, scheinen auch nur in wenig Zellen der Hirnrinde gänzlich zu fehlen, in den Zellen älterer oder kranker Gehirne, vornehmlich solcher, die lange Zeit hyperämisch waren, dagegen um so zahlreicher zu sein und eine rückschreitende Metamorphose anzudeuten. Ich halte diese Art Fettkörnchen als den Ganglienzellen eigenthümlich und glaube, dass sie in zweifelhaften Fällen sehr wohl als Unterscheidungsmerkmal zwischen diesen und anderen Zellen benutzt werden können. Die Zellen in der dritten Schicht des Ammonshornes sind unter Umständen sehr reich an denselben und dies ist mit ein Grund, warum ich die Zellen für nervös

erklärt habe. Von dem Kern sieht man in grösseren Zellen fast immer einen zwar schwachen, aber deutlich erkennbaren dunkleren Streif in den Hauptfortsatz übergehen. Ja an den Zellen, in denen der Kern die spindelförmige Gestalt zeigt, habe ich ihn nie vermisst. Allein niemals schien mir dieser Streif mit dem Kern so genau zusammen zu hängen, als es hätte sein müssen, wenn er aus ihm herausgekommen wäre. Er schien sich vielmehr aus zwei anderen Streifen zusammenzusetzen, welche den Kern von beiden Seiten her eng umschlossen. In dem Hauptfortsatz wurde der Streif schwächer und schwächer und verschwand oft ganz; in den Fällen jedoch, in welchen der Hauptfortsatz in eine dunkelrandige Nervenfaser überging und in dieser der rothe Strich auftrat, dessen oben Erwähnung geschehen, schien es mir, als ob er in diesen übergegangen wäre, nachdem er zwar dünner, aber dafür desto deutlicher geworden war (Fig. 5 a und f). Dieser Streif, den ich in meinen Präparaten den Herren Professor Welker und Dr. Köppe gezeigt habe und den der letztere schon früher sehr oft gesehen haben will, scheint mir fast die Lehre von dem Zusammenhange des Axencylinders mit dem Kern in das Leben gerufen zu haben. Ohne mich lange auf diese Controverse einzulassen, halte ich nach meinen Beobachtungen den besprochenen dunkleren Streif für Nichts, als den optischen Ausdruck der Wölbung des opaken und nur seiner Dünnheit wegen transparenten Zellkörpers und betreffenden Fortsatzes. Er erscheint da am deutlichsten, wo die grösste Masse ist, dem durchfallenden Lichte also das grösste Hinderniss entgegensteht, d. i. in der Nähe des Kernes, am schwächsten, wo diese Verhältnisse fehlen, also im dünnen zarten Fortsatz. Es ergiebt sich daraus der Grund, warum der Streif an den Zellen am deutlichsten in die Erscheinung tritt, die so liegen, dass ihr linsenförmiger Kern seine Kante zur Ansicht bietet. Der rothe Strich in der markhaltigen Nervenfaser, die sich daran schliesst, ist etwas ganz Anderes. Dieser ist der Axencylinder derselben; allein über seinen etwaigen Zusammenhang mit dem Hauptfortsatz, d. h. über die Art und Weise, wie er aus diesem sich herausbildet, erlaube ich mir gar kein Urtheil. Man kann mir einwenden: Wenn dem in der That so ist, warum zeigt sich nicht das nämliche Verhalten an den Fortsätzen der Basis? Allerdings zeigt es sich auch da, aber in anderer Weise. Diese Fortsätze sind von vornherein viel schwächer und zarter. Sie bieten desshalb für das durchgehende Licht in keinem Theile ein so wesentliches Hin-

derniss dar, dass dieses zum optischen Ausdrucke käme. Und doch sind sie an ihrem Ursprunge an den Kanten heller (Fig. 5 a, b), so dass dadurch der Anschein hervorgerufen wird, als ob der Zelleninhalt von einem Häutchen umgeben und durch dasselbe in seiner Form bedingt werde, was ja bis vor Kurzem auch wirklich angenommen, neuerdings indessen, wie es scheint, ganz allgemein verlassen worden ist. An den Zellen, an denen statt mehrerer Fortsätze nur ein einziger massiger entwickelt ist (Fig. 5 l und m), ist darum auch aus obigem Grunde ein dem Hauptfortsatz ähnliches Verhalten möglich gemacht und, wie dies in den beiden Figuren angedeutet worden, ein dunklerer Streif von dem Kern in den an den Rändern helleren Fortsatz hinein zu verfolgen. Aus dem Gesagten ergiebt sich darum auch, an welchen Zellen überhaupt eine derartige Erscheinung zu beobachten sein wird. Sie kann nur zu Stande kommen bei gestreckten Zellen, die sich in ihre Fortsätze allmählig verjüngen, und muss fehlen bei allen mehr sphärischen, deren Fortsätze schon am Ursprunge sehr dünn und vom Ganglienkörper scharf abgesetzt sind. An den Purkinje'schen Zellen des kleinen Gehirnes, an den grossen, unregelmässig polygonalen des Rückenmarkes wird man sie nicht antreffen, es sei denn, dass bei ihnen ausnahmsweise ein Fortsatz sich durch allmählige Verjüngung des Körpers entwickelte.

Zum zweiten wenden wir uns zu den freien Kernen, von denen wir zwei Kategorieen kennen gelernt haben, grössere regelmässig geformte, dunkelcontourirte und kleinere blasse, unregelmässig gebildete. Eine Vergrösserung von 400 bis 600 mal lehrt nun, dass jene die Kerne von Ganglienzellen, diese dagegen anderer Natur sind. Jene grossen, dunkelcontourirten Kerne nämlich, welche im Mittel im grössesten Durchmesser 0,011, im kleinsten 0,010 Mm. messen, also ziemlich kreisrund erscheinen, findet man frei und in grösserer Zahl nur in frischen oder macerirten Gehirnen. In gehärteten trifft man sie nur ganz vereinzelt in den Lücken oder an den Rändern des Präparates. Die Härtung muss also eine ganz besondere Veränderung an ihnen bewerkstelligt haben. Schon an den vielen Kernen, welche in den Präparaten frischer oder macerirter Gehirne vorkommen, zeigt sich an ihren Rändern eine eigenthümliche Erscheinung. Dieselben sind nie rein und glatt, sondern stets von kleineren oder grösseren Läppchen fremder Massen bedeckt, öfters wie durch dieselben gekerbt. Man könnte diese Läppchen für Theile der Neuroglia

halten und längere Zeit habe ich sie auch dafür angesehen, wie ja Besser an den Kernen des Gehirns der Neugeborenen es auch gethan hat; allein man ist so oft im Stande, den Uebergang von diesen kleinsten Rudimenten bis zur vollständig erhaltenen Zelle zu verfolgen, dass man nach meinem Dafürhalten für das entwickelte Gehirn wenigstens jene Ansicht fallen zu lassen und statt der Neurogliatheilchen in diesen Läppchen Protoplasmamassen zu sehen hat (vergl. Fig. 6 a—m). Wir dürfen darnach annehmen, dass im gehärteten Gehirn das betreffende Protoplasma besser erhalten ist und dass jene vielen grossen freien Kerne des frisch oder macerirt untersuchten Gehirns hier in Zellen eingeschlossen sich finden werden. Und dem ist wirklich so. Ich erinnere an die oben beschriebene vergleichende Untersuchung eines Schnittes bei einer Vergrösserung von 250 bis 300 und einer von 400 bis 600 mal. Wir fanden bei der letzteren alle grösseren Kerne, welche in ihren Umrissen vollständig erkannt werden konnten, in Zellen, welche die Charaktere der unverkennbaren Ganglienzellen an sich trugen, und nur da, wo Neurogliamassen die Formen der Kerne verdeckten, war es zweifelhaft, ob sie in dieser oder in einem besonderen Protoplasma eingebettet lagen, also frei oder in Ganglien eingeschlossen waren. Dass solche Bilder aber nicht als Gegenbeweis dienen können, versteht sich wohl von selbst (vergl. Fig. 3 und 4).

Ein vielfach entgegengesetztes Verhalten zeigen die kleinen blassen Kerne. Sie messen durchschnittlich in ihrem grössesten Durchmesser 0,008, in ihrem kleinsten 0,005 bis 0,006 Mm., sind also von vornherein mehr oval. Sie sind im Ganzen spärlich vorhanden, finden sich mehr in den gehärteten Präparaten als in den frischen oder macerirten, obschon sie nach längerer Dauer der Maceration, also nach dem dritten Tage auch häufig sind. In frischen Gehirnen sind sie am seltensten. Dagegen sieht man in frischen oder nur kurze Zeit der Maceration ausgesetzten Hirnstücken eine Anzahl blasser, spindelförmiger oder sternförmiger Zellen, wie sie in Fig. 6 o und a abgebildet sind, welche im gehärteten Hirn sich nur selten beobachten lassen und die solche Kerne enthalten. Ein Theil der freien Kerne scheint mir nun solchen Zellen zu entstammen. Sie wurden frei, nachdem die Zellsubstanz selbst durch die angewandten Agentien, in meinen Fällen also durch die Chromsäure, resp. chromsauren Salze, aufgelöst worden war. Diese Kerne sind meist scharf contourirt, rund, oval oder elliptisch, an den Rändern zuweilen durch

Anhängsel gefranzt und mit einem bis drei, je nachdem das Licht fällt, stark glänzenden oder ganz schwarzen Kernkörperchen versehen. Sie werden im frischen Zustande von Essigsäure nicht angegriffen und sind gewiss bindewebiger Natur. Ob dieselben indessen immer der Bindesubstanz angehören und nicht zu öfterem von der Adventitia der Gefässe, von gelockerten und zerrissenen Capillaren herrühren, wage ich nicht zu entscheiden. Auf den letzten Punct möchte ich aber hingewiesen haben, als namentlich die spindelförmigen Zellen (Fig. 5 p) den Zellen der Gefässwände, besonders pathologisch verdickter, ganz gleich zu sein scheinen. Eine andere Reihe von kleinen blassen Kernen ist minder scharf contourirt, in gehärteten Präparaten oft ganz unregelmässig, wie geschrumpft, zeigt eine grössere Anzahl von Kernkörperchen, drei bis sechs, und wird im frischen Zustande von Essigsäure gequellt. Sie verhalten sich ganz ähnlich den Eiterkörperchen, resp. Lymph- oder weissen Blutkörperchen. Ich habe sie nie in deutlicher Verbindung mit den Gewebselementen des Gehirns gesehen und bin der Meinung, dass sie wenigstens zum Theile dem perivasculären Raume der Gefässe entstammen, der entweder schon während der Härtung, namentlich in der ersten Zeit, wo noch schwache Reagentien angewandt wurden, oder bei der Präparation geöffnet wurde. Sie wären in diesem Falle als Lymphkörperchen zu betrachten und hätten gar nichts mit der Hirnsubstanz als solcher zu schaffen. Dass ein Theil dieser Kerne wirklich aus Lymphkörperchen besteht, ist um so gewisser, als ich erst kürzlich ein Häufchen derselben frei vor dem Durchschnitt eines Gefässes festsitzen sah.

Die freien Kerne, welche noch immer bei der Beschreibung der Hirnsubstanz eine grosse Rolle spielen, reducirten sich darnach für die graue Substanz des Grosshirns auf ein Minimum, dessen Bedeutung auch noch manche Zweifel gestattet, in dem Puncte jedoch ausser allem Zweifel steht, dass es Nichts mit der eigentlichen Nervensubstanz zu thun hat. Die bei weitem meisten Kerne lassen sich als Kerne von Zellen erkennen und unter diesen wieder der grösste Theil, nämlich alle grossen runden, dunkelcontourirten, als Kerne von Ganglienzellen.

Wenden wir uns jetzt zurück und werfen einen Blick auf das Ganze, so ergiebt sich, dass die Hirnrinde durchweg ein und dieselbe gleichförmige Structur zeigt, indem sich überall fünf, resp. sechs, Schichten unterscheiden lassen. Der Unterschied derselben wird durch den Reichthum und die Natur der nervösen, besonders der zelligen

Elemente bedingt. Nur in den beiden ersten Schichten sind die Zellen nicht nervöser Art. Die zelligen Elemente der anderen Schichten dagegen sind bis auf eine verschwindend kleine Anzahl, Ganglienzellen. Ein Theil derselben wird als solche erst nach erhärtender Behandlung erkannt, alle aber zeichnen sich durch einen sehr gleichmässigen Bau und sehr gleichmässige Lagerung aus. Sie haben durchweg eine pyramidale Gestalt und liegen so in die Neuroglia eingebettet, dass ihre Basis nach dem Marklager, ihre Spitze nach der Peripherie gerichtet ist, dass die kleinsten den peripherischen, die grössten den centralen Theil einnehmen. Von ihrer Spitze geht der grösste, der Hauptfortsatz der Zelle ab, welcher bald gerade verläuft, bald einen Bogen beschreibt, in jedem Falle aber in eine Nervenfaser überzugehen scheint. Von ihrer Basis verbreiten sich mehrere dünne und zarte Ausläufer, welche sich dichotom weiter verbreiten. Findet ein Zusammenhang zwischen dem Hauptfortsatz der Ganglienzellen und den Nervenfasern der Hirnrinde statt, so kann dieser mit den aus dem Marklager eintretenden Fasern nicht ohne Weiteres zu Stande kommen. Er ist allein durch jene Umbiegungen der Nervenfasern, denen wir so häufig begegnet sind, durch Vermittlung der Valentin-Kölliker'schen Schlingen denkbar, deren Wesen bisher völlig unerklärt geblieben. Dagegen dürften die aus der oberflächlichsten Faserschicht herabsteigenden Fasern ohne Umschweif diese Verbindung eingehen. Was aus den Basalfortsätzen wird, lässt sich nicht im Entferntesten angeben. Ob sie zu Verbindungen der einzelnen Zellen unter einander dienen, so verführerisch diese Annahme ist, so sehr manche Bilder dafür zu sprechen scheinen, oder ob sie in Nervenfasern übergehen, oder sich in das Neurogliagewebe auflösen, muss offene Frage bleiben.

Wir gehen jetzt zum zweiten Puncte der Untersuchungen über, zur Anordnung und Vertheilung der Blutgefässe. An einem grossen, durch den ganzen Gyrus oder Intergyrus geführten Schnitt eines injicirten Gehirns (vergl. Fig. 7) sieht man, dass die Arterien aus der Pia mater stammen. Bis auf wenige Ausnahmen dringen dieselben senkrecht in die Hirnrinde ein, durchsetzen sie in der einmal angenommenen Richtung und gehen in die weisse Substanz über, dem Zuge der Fasern derselben folgend. Hierdurch entsteht eine radienartige Anordnung und zwar der Art, dass in den Gyris die Gefässe convergirend wie nach einem in dem Marklager des Gyrus gelegenen Puncte hinziehen, dagegen in den Intergyris divergirend

verlaufen, als ob sie von einem im Sulcus gelegenen Puncte ausgingen. In der weissen Substanz der Gyri gehen die Stämmchen weiter, indem sie theils senkrecht nach dem Centrum semiovale hinabstreben, theils den Verbindungsfasern der einzelnen Gyri folgend, nach verschiedenen Seiten bogenförmig auseinander weichen. In der weissen Substanz, welche durch die Verbindungsfasern der einzelnen Gyri dargestellt wird, laufen sie parallel diesen, also auch parallel der darüber liegenden grauen Substanz, und senkrecht auf die Richtung der Gefässe der letzteren.

Einige dieser Gefässe durchsetzen die graue Substanz, ohne Zweigelchen für dieselbe abzugeben (Fig. 7 a). Erst im Marklager fangen sie an sich zu verästeln, und zwar indem sie sich dichotom vertheilen, und in ein Capillarnetz mit ziemlich weiten, lang gestreckten Maschen auflösen. Ein anderer Theil, und das ist der grösste, dringt bis zum ersten Drittheil oder auch bis zur Hälfte der grauen Substanz ein und beginnt hier seine Aeste abzugeben (Fig. 7 b). Diese gehen meistens rechtwinklig ab, biegen nach kurzem, der Hirnoberfläche parallelem Verlaufe wieder im rechten Winkel um und streben unter Abgabe neuer Aestchen, welche nach Auflösung zu Capillaren zu vielfachen Anastomosen zusammentreten, senkrecht dem Marklager entgegen. Kurz vor dem Uebergange in das Marklager, oder erst auf der Grenze selbst, kommt es zu einer abermaligen und zwar sehr reichen rechtwinkligen Verzweigung, Auflösung zu Capillaren und Anastomosenbildung. Durch diese Verzweigung entsteht demnach ein Netz kleinster Gefässe, das sich in den tieferen Partieen der grauen Substanz ausbreitend, über die ganze weisse Substanz hinzieht und der Ausdehnung der gelblich-röthlichen Schicht Kölliker's entspricht. Der Erweiterung der einzelnen Theile dieses Netzes und der stärkeren Injection desselben verdankt diese Schicht in gewissen anomalen Zuständen ihr rosafarbenes Aussehen, gerade so wie unter anderen Verhältnissen durch Leere und Obliteration der Gässe, das hefengraue oder schmutzig gelatinose Aussehen derselben bedingt wird.

Je nach der Dicke der grauen Substanz, welche ja nicht überall die nämliche ist, je nachdem die Verästelung früher oder später erfolgte, ist zwischen der erst- und letztgenannten Verzweigung ein grösserer oder geringerer Zwischenraum. Dieser Raum ist an einzelnen Schnitten von Gefässzweigen ziemlich frei, in anderen ist er von zwei oder dreien durchsetzt, welche den beschriebenen in Betreff

ihres Verlaufes vollkommen gleichen. In noch anderen findet ein gemischtes Verhalten statt: an einzelnen Stellen ist der Raum frei, an anderen gefässreich. Das beschriebene Verhalten ist aber immer auf mehrere Schnitte, welche einem Gyrus hinter einander entnommen sind, ausgedehnt und je nachdem dieses oder jenes statthat, hat man es in den einzelnen Stellen der grauen Substanz nur mit zwei von einander mehr oder weniger entfernt liegenden Gefässbogen zu thun, die durch senkrechte Aestchen verbunden sind, oder man hat drei bis fünf Gefässreihen, welche durch dichte Netze zusammenhängen. Das Capillarnetz, welches aus diesen Gefässen hervorgeht, ist sehr dicht und engmaschig und steht durch zahlreiche Anastomosen mit dem des Marklagers in Verbindung. Gegentheilige Angaben lassen sich fast durch jedes Präparat widerlegen.

Die obersten Partieen der Hirnrinde, die erste und zweite Schicht Kölliker's, werden fast nur von Capillaren versorgt, welche direct aus den Gefässen der Pia mater eintreten, oder aus den Gefässchen der gelblich-röthlichen Schicht ihren Ursprung nehmen. Hie und da kommen allerdings auch Stämmchen aus der Pia mater herein, welche sich ebenfalls meist rechtwinklig verzweigend, an der Bildung des Capillarnetzes betheiligen; allein sie sind im Ganzen ebenso selten, wie die hie und da die graue Substanz auch einmal in schräger Richtung durchdringenden Gefässe. Wenn diese Stämmchen rasch hinter einander mehrere Aestchen abgeben, so entsteht das Bild einer wurzelartigen Ausbreitung (Fig. 7 c). Mettenheimer hat dieselbe für eine pathologische Formation in Folge der Entzündung, welche zur Verwachsung der Hirnrinde mit der Pia mater führte, angesehen, allein sie kommt auch bei Gehirnen vor, die keine Spur eines früheren entzündlichen Processes und keine Verwachsung jener Theile erkennen lassen.

Die Venen der Hirnrinde, welche sich nur von den stärkeren Arterien unterscheiden lassen, streben, nachdem sie sich aus den Capillaren gesammelt haben, in senkrechter Richtung nach der Peripherie, um in die Venen der Pia überzugehen. Die in sie mündenden Aestchen stehen zu ihnen ebenfalls mehr oder weniger rechtwinklig und ist ihre Anordnung im Ganzen die der Arterien. In Betreff der venösen Gefässe der obersten Schichten bleibt es fraglich, ob sie überhaupt für sich existiren, und wenn dies der Fall ist, ob nicht vielleicht alle stärkeren Gefässe dieser Gegend, also auch die eben besprochenen, sich büschelförmig verzweigenden zu ihnen zu zählen seien.

Fassen wir die beschriebene Gefässvertheilung noch einmal in das Auge, und bedenken wir die Abhängigkeit der Hirnfunctionen von der jeweiligen Menge und Zusammensetzung des Blutes, so erklärt sich wenigstens zum Theil die grosse Reihe von Verschiedenheiten, welche sowohl bei dem einzelnen, als auch bei den verschiedenen Individuen in dieser Beziehung stattfinden. Die durchaus unregelmässige Anordnung der Gefässe, welche bald ein dichtes Netzwerk bilden, bald unverzweigt neben einander verlaufen, muss ihren Einfluss auf die dazwischen liegenden nervösen Gebilde ausüben. Die Ernährung derselben wird eine ungleiche, aber für das Individuum eine im Allgemeinen stabile sein, dadurch aber wieder jene Verschiedenheiten in der psychischen Action bedingen helfen, welche wir als Charakterunterschiede bezeichnen.

Verzeichniss
der einschlägigen Werke der citirten Autoren.

Koelliker. Handb. d. Gewebelehre. Leipz. 1867.

Gerlach. Mikroskopische Studien. Erlang. 1858.

Berlin. Beiträge zur Structurlehre der Grosshirnwindungen. Inaug.-Abhandl. Erlang. 1858.

Kupffer. De cornu Ammonis textura. Diss. inaug. Dorp. 1859.

Stephani. Beiträge zur Histologie d. Rinde d. grossen Gehirnes. Inaug.-Diss. Dorp. 1860.

Jacubowitsch. Rech. comparatives sur le système nerveux. Compt. rendu. Août 1858.

Deiters. Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark d. Menschen u. d. Säugethiere. Bevorwortet von M. Schultze. Braunschw. 1865.

Besser, L. Eine Anastomose zwischen centralen Ganglienzellen Arch. für path. Anat. und Phys. etc. Bd. XXXVI.

Walter, G. Ueber den feineren Bau d. Bulb. olfactor. Arch. für path. Anat. und Phys. etc. Bd. XXII.

Frommann. Zur Structurlehre der Ganglienzellen der Vorderhörner. Arch. für path. Anat. und Phys. etc. Bd. XXXII.

Beale. In medical Times et Gazette. Febr. 1867. Fundamental-Structur und Einrichtung d. Nervenapparates.

Mettenheimer, C. Ueber die Verwachsung d. Gefässhaut des Gehirns mit der Hirnrinde. Schwerin 1865.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. XXIII.

Fig. 1. Durchschnitt durch die graue Substanz der dritten Frontalwindung. Vergrösserung 250 bis 300 mal. Das Detail in der angegebenen Vergrösserung, das Ganze der Länge nach verkürzt gezeichnet.

a. Erste Schicht, aus einem dichten Geflecht kreuz und quer, aber der Hirnoberfläche parallel verlaufender Fasern bestehend.

b. Zweite Schicht, aus Neuroglia bestehend, mit spärlichen Kernen und Fasern.

c. Dritte Schicht, welche anscheinend aus einer Anhäufung von Kernen,

d. Vierte Schicht, welche aus einer Anhäufung kleiner Ganglienkörper gebildet wird.

e. Fünfte Schicht mit grösseren Ganglienkörpern in dem mittleren, mit kleineren in den beiden Grenztheilen, mit eingesprengten Kernen und sowohl senkrecht wie auch wagerecht verlaufenden Nervenfasern, von denen bei α sich einige weithin verfolgen lassen.

f. Marklager.

β Grössere Gefässe. γ Grösseres Gefäss quer durchschnitten. δ Capillaren.

Fig. 2. Durchschnitt durch die erste und zweite Hirnrindenschicht. Vergrösserung 500 bis 600 mal. Chromsäurepräparat.

a. Erste Schicht, aus zahlreich sich verflechtenden Fasern zusammengesetzt, zwischen denen blasse Kerne und dunkle Körnchen sich finden. Die letzteren sind Durchschnittsflächen von Fasern. Bei v breitere Nervenfasern, bei w stielrunde, starre, bindegewebsartige Fasern.

b. Zweite Schicht, mit blassen Kernen und zahlreichen Nervenfasern verschiedener Breite durchsetzt. Einige der letzteren verlieren sich in die erste Schicht, die meisten biegen wieder um. Bei x sternförmige Zelle, von welcher starre bindegewebige Fasern ausgehen; y Zellen der dritten Schicht, z Capillargefäss.

Fig. 3. Partie aus der dritten Hirnrindenschicht. Vergrösserung 500 bis 600 mal. Chromsäurepräparat.

In der Neurogliamasse, welche bei r ein sehr schwammigkörniges, bei s ein mehr streifiges Gefüge besitzt, liegen Ganglienkörper, grössere dunkelcontourirte und kleinere blasse Kerne; x Ganglienkörper mit stark entwickelten Basalfortsätzen und gebogenem Hauptfortsatz; y dunkle in Neuroglia eingebettete Kerne; z blasse Kerne; t Nervenfasern, welche zum Theil mit nach der Peripherie gerichteter Convexität sich umbiegen; v breite Nervenfasern, von denen die Markscheide bei w sich blättrig abgelöst hat, so dass der starre Axencylinder blossliegt; w[1] nackte Axencylinder.

Fig. 4. Partie aus dem mittleren Theile der fünften Hirnrindenschicht. Vergrösserung 500 bis 600 mal. Chromsäurepräparat.

a. Grosse Ganglienkörper mit sich umbiegendem Hauptfortsatz, b. Ganglienkörperanastomose, c. Neurogliamasse mit körnig-schwammigem, d. mit körnig-streifigem Gefüge, e. dunkelcontourirte Kerne, f. blasse Kerne, g. sich umbiegende Nervenfasern, h. breite Nervenfasern, i. schmale Fasern, k. nackte Axencylinder.

Fig. 5. Ganglienkörper. Vergrösserung 500 bis 600 mal.

a. Aus der fünften Schicht einer Frontalwindung.

α Basalfortsätze, β Hauptfortsatz mit dunklem Mittelstreif, der scheinbar mit dem Kerne zusammenhängt. Bei γ Uebergang in eine markhaltige Nervenfaser; δ besonderer Fortsatz des Ganglienkörpers, ähnlich den Basalfortsätzen,

b. Aus der fünften Schicht einer Frontalwindung mit spindelförmigem Kern, von dem ein dunklerer Streif in den Hauptfortsatz übergeht, und anscheinend im Zusammenhange mit β durch Anastomose bei γ. Am Hauptfortsatz Neurogliatheile.

c. Aus dem Scheitelhirn mit umgebogenem Hauptfortsatz, welcher in der Neuroglia α sich verliert.

d. Anastomose zwischen zwei verstümmelten Zellen in Neuroglia liegend.

e. Aus der fünften Schicht einer Frontalwindung.

α. Verästelte Basalfortsätze. β. Umgebogener Hauptfortsatz. γ. Dunkler Streif, welcher, aus der Umgebung des Kernes stammend, in den Hauptfortsatz übergeht. Am Hauptfortsatz Neurogliamassen.

f. Aus der fünften Schicht einer Frontalwindung. Grosse Zelle mit schiefgestelltem Kern und dunklem Streif, welcher von diesem in den sehr starken Hauptfortsatz übergeht. Bei α Uebergang in eine markhaltige Faser. Basalfortsätze abgebrochen.

g. Kleine Zelle mit stark entwickeltem Hauptfortsatz. Basalfortsätze abgebrochen.

h. Aus der vierten Schicht des Ammonshornes mit zarten Basalfortsätzen α und dichotom verästeltem Hauptfortsatz β.

i. Aus der sogenannten Körnerschicht des Ammonshornes.

k. l. m. Typen sogenannter spindelförmiger Zellen.

α Basalfortsätze. Bei k und m ein stark entwickelter in Begleitung zweier rudimentärer α^1. Bei k geht der starke ziemlich rechtwinklig, bei m gerade in der Mitte ab. Bei l ist nur ein Basalfortsatz überhaupt vorhanden. β Hauptfortsätze.

Fig. 6. Freie Kerne. Vergrösserung 500 bis 600 mal.

a. bis m. grosse dunkelcontourirte, welche die Protoplasmaanhängsel von der ersten Stufe als kleine Fetzen a. b. c. bis zum wohlerhaltenen Ganglienkörper i. k. l. m. zeigen,

o. p. q. Spindel- und sternförmige Zellen, wie sie sich in frischen oder nur ganz kurze Zeit macerirten Gehirnen finden.

r. und s. Freie Kerne, wie sie in längere Zeit macerirten und in gehärteten Hirnen angetroffen werden.

Fig. 7. Senkrechter Schnitt durch einen Gyrus eines injicirten Gehirns. Vergrösserung 60 bis 80 mal. (Halbschematisch.)

A. Graue Substanz. B. Weisse Substanz. C. Gefässnetz um die weisse Substanz.

a. Gefässe, welche die graue Substanz durchsetzen und erst in der weissen in kleinere Aeste sich auflösen.

b. Gefässe, welche den oberen Theil der grauen Substanz unverästelt durchdringen und erst in der dritten Kölliker'schen Schicht sich verästeln.

α sparsame, β reiche Verästelung.

c. Gefässe, die bloss der obersten Partie der Hirnrinde angehören.

d. Capillaren, welche aus Gefässen der Pia stammen.

e. schief eindringendes Gefäss.

Berichtigung.

Auf pag. 456 Zeile 15 und 16 von oben soll es anstatt »nimmt ihren Anfang an dem Uebergange in den Gyrus hypocampi[1]) und endigt dicht vor dem Stratum reticulare« heissen: »nimmt ihren Anfang dicht an dem Stratum reticulare und endigt in der Fascia dentata Tarini.«

---

1) Soll natürlich hippocampi geschrieben werden, und ist in der Correctur übersehen worden. *M. S.*

Der Ciliarmuskel des Menschen.

Von

Franz Eilhard Schulze,
Prosector und Professor extr. in Rostock.

Hierzu Taf. XXIV.

Unter den Objecten, die ich zur genaueren Prüfung der Wirksamkeit des von mir zur Erhärtung und Färbung thierischer Gewebe empfohlenen [1]) Chlorpalladiums bisher studirte, war es zunächst der Ciliarmuskel, welcher mir mittheilungswürdige Ergebnisse lieferte.

Das Einfach-Chlorpalladium oder Palladiumchlorür Pd Cl kann man durch Auflösen von Palladiumblech in salpetersäurehaltiger Salzsäure mit nachfolgendem Abdampfen bis fast zur Trockne sich selbst darstellen. Man überzeugt sich bald, dass zum völligen Auflösen des Salzes in destillirtem Wasser eine geringe Menge freier Salzsäure nöthig ist. Um das aus der Droguenhandlung bezogene trockene Salz zu lösen, setzte ich auf ein Liter Wasser und zehn Gramm Chlorpalladium vier bis sechs Tropfen concentrirter Salzsäure zu, worauf nach 24 Stunden alles Salz gelöst war. Ich habe es bequem und nicht nachtheilig gefunden, mir eine grössere Quantität einer so concentrirten, also einprocentigen Lösung vorräthig zu halten und diese dann beim Gebrauche nach Bedürfniss zu verdünnen. Während die Flüssigkeit bei einer Concentration von

1) Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften. Jahrgang 1867. Nro. 13.

1 : 100 dunkel-rothbraun erscheint, nimmt sie auf das Verhältniss von 1 : 800 verdünnt, eine weingelbe Farbe, etwa wie eine Chromsäurelösung von 0,2 Procent an.

Eine geringe Menge freier Salzsäure ist für das Zustandekommen der intendirten Einwirkung auf Bindegewebe und Muskeln durchaus nothwendig. Als ich eine mittelst Natron fast und eine zweite durch Natron mit Zuhilfenahme von Weinsteinsäure völlig neutralisirte Chlorpalladiumlösung benutzte, erhielt ich bei der ersten Flüssigkeit nur eine höchst schwache, bei der anderen gar keine Einwirkung auf die Gewebe in der gewünschten Richtung.

Die Anwendung der Chlorpalladiumlösung geschieht nach meinen Erfahrungen zweckmässig in folgender Weise. Handelt es sich zunächst um ein Gewebe mit reichlicher bindegewebiger Grundlage, wie wir es z. B. im Ciliarkörper und seiner Umgebung vor uns haben, so empfiehlt sich eine Concentration der Lösung von 1 : 800. In ein Quantum dieser Flüssigkeit von 30 CC. legt man ein etwa bohnengrosses Stück der frischen Gewebsmasse, nachdem man dasselbe so zugerichtet hat, dass auch wirklich die Flüssigkeit überall und besonders in das leimgebende Bindegewebe gut eindringen kann. Man wird also z. B. die Vorderhälfte eines im Aequator halbirten menschlichen Auges nicht ohne Weiteres einlegen dürfen, sondern muss erst den anhaftenden Theil des Glaskörpers mit einigen flachen Scheerenschnitten wegnehmen, dann die Linse (deren Substanz bei der anzuwendenden Concentration der Lösung stark aufzuquellen und dadurch die ganze hintere Oeffnung des halben Bulbus zu verlegen pflegt), durch einen in der hinteren Kapselwand angebrachten Kreuzschnitt grösstentheils, d. h. bis auf die in der Kapsel zurückbleibende geringe Randschicht entfernen und noch ein mässig grosses Loch in die Cornea schneiden. Bei manchen Geweben dringt die Chlorpalladiumlösung im Gegensatze zur Chromsäure schwer oder gar nicht in die Tiefe, so vorzugsweise bei den an Bindegewebe armen dickeren Nerven, bei Gehirn- und Rückenmarksstücken sowohl weisser als grauer Substanz, bei hochgeschichteten und besonders verhornten Epithelien, wie z. B. der menschlichen Epidermis. Es wird in diesen und ähnlichen Fällen wohl die oberflächlichste Schicht erhärtet und gefärbt, unter einer solchen dünnen erhärteten Kruste kann dann aber die übrige Masse sogar unafficirt in Fäulniss übergehen. Will man daher die Einwirkung einer Chlorpalladiumlösung dieser Concentration auf eines der zuletzt genannten Gebilde

studiren, so muss man entweder sehr dünne Stücke nehmen, oder wie bei den Nerven solche Theile wählen, welche ein besonders reiches Bindegewebsgerüst besitzen, z. B. das vordere Ende des N. opticus; denn in alles Bindegewebe dringt die Lösung leicht ein. Die beabsichtigte Einwirkung des Chlorpalladiums auf die eingelegten Theile ist bei gewöhnlicher mittlerer Zimmertemperatur in zwei bis drei Tagen erreicht, wird aber bei längerem Liegen noch ein wenig kräftiger, ohne dadurch an Zweckmässigkeit zu verlieren, so dass man noch nach Wochen und Monaten die Untersuchung vornehmen kann. —

Was zunächst an den eingelegten Stücken beim Herausnehmen auffällt, ist, ausser der nach der Beschaffenheit der Gewebe leicht gelblichen bis dunkelbraunen Färbung, die eigenthümlich derbe Consistenz, welche selbst die im frischen Zustande weichen Theile annehmen. Hierdurch wird ein leichtes und sicheres Anfertigen feinster Schnitte mit dem Rasirmesser ermöglicht. Die Gewebsmasse hat nicht das Gummiartige, Zähe der meisten in dünner Chromsäure oder Müller'scher Lösung erhärteten Theile mit bindegewebiger Grundlage, sondern ist, etwa wie ein fester Käse leicht und glatt zu schneiden, ohne dass sich die Schnittfläche verzieht.

Bei der mikroskopischen Betrachtung der so angefertigten und durch mehrstündiges Liegen in destillirtem Wasser von der überschüssigen, die ganze Masse noch durchtränkenden Palladiumlösung befreiten [1]) Schnitte stellt sich nun zunächst heraus, dass die meisten Gewebe, besonders die Bindesubstanzen, die Muskeln (quergestreifte wie glatte), die Gefässe und die Nerven, weniger die Epithelien, hinsichtlich ihrer feineren Structurverhältnisse in ähnlicher Weise wie nach der Erhärtung in Chromsäure und deren Salzen, gut erhalten sind, vornehmlich auch die Kerne überall scharf und klar hervortreten. Als Resultat der färbenden Einwirkung ergiebt sich, dass bestimmte Gewebstheile durch mehr oder minder intensive gelbe, bräunliche oder selbst schwarze Färbung markirt, andere durchaus ungefärbt geblieben sind. Dunkelgelb,

1) Dieses Ausspülen des überschüssigen, freien Chlorpalladiums ist desshalb nöthig, weil sich sonst nach einigen Wochen (besonders stark unter dem Einflusse des Lichtes) die ganzen in Glycerin eingelegten Schnitte, wahrscheinlich durch Ausscheiden reducirten Palladiummetalles, dunkelschwarz färben.

nach längerer Einwirkung des Chlorpalladiums hellbräunlich, findet sich überall das weiche körnige Protoplasma, ungefähr soweit es von L. Beale mit dem Namen der germinal matter bezeichnet wird, tingirt; so z. B. die körnige Füllungsmasse sämmtlicher noch nicht völlig veränderter Epithelzellen, der körnige Inhalt aller Drüsenzellen, der geringe Rest körniger Masse, welcher sich in manchen Bindegewebskörperchen noch findet, u. s. w. Hell strohgelb, nach längerem Liegen in der Lösung dunkelgelb, erscheint die ganze Masse der glatten Muskelfasern, bräunlich gelb die quergestreiften Muskelfasern und tintenschwarz, bei geringerer Einwirkung schwarzgrau die markhaltigen Nervenfasern. Hyaline Membranen und elastische Fasern bleiben durchsichtig klar und nehmen nur eine leicht blassgelbliche Färbung an. Das Fett wird nur an den Stellen der directesten Einwirkung des Palladiumsalzes, also an den äusseren Flächen, besonders aber den Kanten und Ecken der eingelegten Stücke, dagegen nicht im Innern derselben gelblich tingirt. Vollständig ungefärbt bleibt die leimgebende Zwischensubstanz des Bindegewebes; und hierdurch eben wird das Reagens so werthvoll, um Muskelfasern und an Protoplasma reiche Zellen in ihrem bindegewebigen Stroma zu erkennen und hervorzuheben. Diese leimgebende Grundsubstanz des Bindegewebes geht indessen nachträglich noch leicht eine dauerhafte Verbindung mit gewissen Farbstoffen, z. B. Carmin, ein; was durchaus nicht der Fall ist mit den einmal durch das Chlorpalladium gefärbten Theilen, wodurch es möglich wird, die schon erreichte optische Differenzirung der Gewebe noch schärfer und deutlicher hervortreten zu lassen. Setzt man nämlich die nach dem Erhärten der Theile in der Chlorpalladiumlösung angefertigten und mit destillirtem Wasser ausgespülten Schnitte mehrere Stunden hindurch der färbenden Einwirkung einer mässig concentrirten ammoniakalischen Carminlösung aus, so wird alle bindegewebige Grundsubstanz intensiv roth tingirt, die vorher schon gelb gefärbten Theile aber bleiben gelb und setzen sich durch den vom benachbarten Roth erhaltenen grünlichen Contrastschein nur noch um so schärfer gegen dieses ab.

Der ausgedehnten Anwendung dieser Erhärtungs- und Färbungs-Methode habe ich es nun zu danken, wenn es mir gelang, bei der Untersuchung des Ciliarmuskels manche bisher streitigen Puncte sicher festzustellen und einige noch nicht bekannte Thatsachen zu ermitteln.

Gehen wir zunächst auf den anatomischen Bau des Muskels selbst ein. Bekanntlich war es Brücke, der geleitet durch die Resultate seiner Untersuchungen über den Accommodationsapparat des Vogel- und Reptilien-Auges im Jahre 1846 beim Menschen in dem früher als Ligamentum ciliare, Orbiculus ciliaris, Circulus ciliaris, Plexus ciliaris, Ganglion ciliare etc. beschriebenen, in seinem wahren Wesen so verkannten hellgrauen Ringe am Vorderrande der Chorioiden einen Muskel erkannte und denselben Tensor chorioïdeae nannte.[1]) Wie gewöhnlich, so wurde auch hier nicht das ganze anatomische Detail sofort richtig erkannt, und wir werden beim Verfolge der verschiedenen Arbeiten über diesen Gegenstand Gelegenheit haben zu sehen, wie über den Bau eines so kleinen und scheinbar einfachen Theiles nach einander die abweichendsten Angaben gemacht sind und wie erst nach und nach die Forscher zu immer vollständigeren und richtigeren Vorstellungen sich durcharbeiten konnten. Brücke fasste seine Beschreibung der Form, Lage und Insertionspuncte des Muskels in folgenden Satz:[2]) »Seine von vorne nach hinten verlaufenden Fasern sind einerseits mit einem starken, fibrösen Fasernetz, das beim Menschen die innere Wand des Canalis Schlemmii bilden hilft, an der Grenze zwischen Sclerotica und Cornea befestigt, andererseits inseriren sie sich innerhalb einer ziemlich breiten Zone an den vorderen Theil der Chorioidea.«

Einige Jahre nach dieser ersten Entdeckung eines inneren Augenmuskels beschrieb Max Langenbeck[3]) einen zweiten, welchen er abwechselnd Compressor lentis-accommodatorius, Sphincter accommodatorius, Sphincter lentis, Sphincter capsulae und Tensor capsulae nennt. Derselbe soll aus ringförmig geordneten glatten Muskelfasern bestehen, »welche den Rand der Linsencapsel umgeben,«[4]) oder wie es an einer andern Stelle[5]) heisst, »zwischen den äussersten Spitzen der Processus ciliares ausgespannt, ein wenig vor dem Rande der Linse auf deren vorderer Capsel liegen.« Beim Herausnehmen der Linse mit Capsel soll dieser Kreisfaserzug gewöhnlich losreissen und dann, in den durchsichtigen Raum der tellerförmigen Grube

1) Müller's Archiv 1846 p. 370 u. ff.
2) l. c. p. 377.
3) Klinische Beiträge aus d. Gebiete d. Chirurgie u. Ophthalmologie 1849.
4) l. c. p. 46.
5) l. c. p. 49.

tretend, leicht sichtbar werden, wie denn auch in der Abbildung Fig. 2 auf Taf. IV. des genannten Werkes an einem Auge natürlicher Grösse in der Ansicht von vorne einige zarte, unregelmässig ringförmige Linien nach innen von den Spitzen der Processus ciliares dargestellt sind; doch giebt Langenbeck nicht an, dass es ihm gelungen sei, in diesem Ringfaserzuge wirklich glatte Muskeln nachzuweisen.

Der Brücke'sche Muskel war inzwischen selbständig neu entdeckt und als Musculus ciliaris beschrieben worden von W. Bowmann,[1]) der übrigens ausser dem von Brücke entdeckten compacten äusseren Stratum noch andere mehr gerade nach hinten und selbst nach innen ziehende Züge beschrieb, welche an derselben Stelle, wie jene, von der zwischen dem Canalis Schlemmii und der vorderen Kammer gelegenen, als eine Fortsetzung der Membrana Descemetii angesehenen Fasermasse entspringen, aber fächerförmig auseinanderweichend bis an die Processus ciliares hinanziehen und hier einzeln zugespitzt enden sollen. Die innersten dieser Muskelfaserzüge werden von Bowmann so gezeichnet, als ob sie nach vorne convexe Bogen bilden.

Die nächste selbständige und eingehende anatomische Beschreibung des Ciliarmuskels wurde alsdann im Jahre 1855 von van Reeken in seiner Inauguraldissertation[2]) geliefert. Derselbe präcisirt die Angabe über den Ursprung des Muskels dahin,[3]) dass sich die hyaline Membrana Descemetii an ihrem peripherischen Rande in eine Fasermasse auflöst, an welcher sich verschiedene lamellöse Lagen (platen) unterscheiden lassen; die äussersten und mittleren derselben sollen hie und da auseinanderweichend spaltförmige Lücken zwischen sich lassen, als deren grösste der Canalis Schlemmii angesehen wird. Während die äusseren Faserlagen an der Aussenseite des Canalis Schlemmii vorüberziehend ganz in die Sclerotica übergehen, geschieht dies von den mittleren, welche an der Innenseite des genannten Canales vorbeilaufen, nur zum Theil, indem von diesen ausserdem noch eine dünne Lamelle der Chorioidea und ein Theil des Musculus ciliaris entspringt. Die innerste Lage der faserigen Fortsetzung der

1) Lectures on the parts concerned in the operations on the eye. 1849.

2) De apparatu oculi accommodationis. 1855.

3) l. c. p. 29 u. 36.

Membrana Descemetii endlich diene der inneren Partie des M. ciliaris zum Ursprung, stehe aber auch zugleich noch durch einzelne sich nach Innen abzweigende, nach vorne concave Bindegewebsfaserzüge (Lig. pectinatum) mit der von der Vorderseite des Corpus ciliare abgehenden Iris in Verbindung. Der M. ciliaris entspringt also nach van Reeken als eine zunächst compacte Muskellage von der zwischen dem Canalis Schlemmii und der vorderen Augenkammer gelegenen Bindegewebsfasermasse, welche als directe Fortsetzung der Membrana Descemetii aufzufassen ist; von da zieht er als eine ringförmige Platte von der Sclerotica nur durch die bereits erwähnte dünne Lamelle der Chorioïdea getrennt nach hinten und aussen bis zur Ora serrata, wo er sich, nachdem er eine Länge von circa 7 Mm. erreicht hat, in das Stroma der chorioïdea inserirt. Seine grösste Dicke (0,6 Mm.) erlangt er gleich nach seinem Ursprunge, um dann allmählig dünner werdend bei seinem hinteren Ansatze die Chorioïdea nicht mehr an Dicke zu übertreffen. In Bezug auf die Richtung und den Verlauf der einzelnen Faserbündel bemerkt van Reeken, dass nur die äusseren, der Biegung der Sclerotica folgend, als zusammenhängende Masse im Bogen nach hinten und aussen ziehen, die übrigen dagegen je weiter nach innen um so mehr die Richtung gerade nach hinten, ja endlich sogar nach hinten und innen annehmen, so dass die letzten mit ihren Enden bis an die Processus ciliares hinanreichen. Die Faserzüge des ganzen inneren Theiles des Muskels sollen sich vielfach netzartig verbinden und grosse Spalträume zwischen sich lassen, in welche dann von hinten her Fortsetzungen des bindegewebigen Stroma's der Chorioïdea hineinziehen, sich mit den Muskelbündeln reichlich durchflechten und noch mit dem Bindegewebe der Processus ciliares in Verbindung treten. In der Fig. 9 auf Taf. IV der van Reeken'schen Abhandlung erscheinen die innersten also den Processus ciliares anliegenden, netzartig verbundenen Faserbündel übrigens mehr oder weniger schräge, ja fast quer gelagert, so dass man hier die Andeutung von einigermassen ringförmig verlaufenden Muskelzügen finden könnte.

Durch eine genaue und deutliche Beschreibung dieser ringförmigen Muskelzüge lieferte darauf Heinrich Müller im Jahre 1857 einen weiteren werthvollen Beitrag [1]) zur Kenntniss des Ciliar-

---

1) Gräfe's Archiv III, 1. p. 1.

muskels. Dicht hinter dem sogenannten Ligamentum pectinatum und dem Ursprung der Iris, nach auswärts von der Vorderpartie der Processus ciliares beschreibt er starke Züge von ringförmig, d. h. also parallel dem Hornhautrande verlaufenden Muskelbündeln, welche indessen nicht eine compacte Masse darstellen und von den meridional gerichteten Zügen vollständig getrennt sind, sondern mit den nach innen ziehenden, kurzen und sehr auseinanderfasernden innersten der längsgerichteten Bündel sich in der Weise verflechten, dass theils einzelne longitudinale Bündel zwischen die ringförmigen sich einschieben, theils »die kreisförmigen Bündel und besonders die weiter nach rückwärts gelegenen direct in longitudinale übergehen, indem sie rascher oder langsamer in die bezeichnete Richtung umbiegen, um sich weiter rückwärts an die Aussenfläche des Ciliarkörpers anzuheften.« Hierdurch wird also die Darstellung van Reeken's wesentlich modificirt, welcher ja alle Muskelbündel von dem elastischen Fasergewebe, in welches sich die Membrana Descemetii auflösen soll, entspringen und dann nach rückwärts fächerförmig oder richtiger halb gefiedert auseinanderweichend an die Chorioidea und das Bindegewebe des Corpus ciliare sich inseriren liess. Nach Müller liegt aber neben dem vorderen Ursprungstheile der starken, äusseren, longitudinal verlaufenden Muskelmasse, und zwar nach innen von derselben, noch ein relativ selbständiger Zug circulär ziehender Fasern, welche sich nur nach hinten zu durch Ausläufer mit den longitudinalen verbinden oder in die Richtung jener übergehen.

Eine noch in demselben Jahre erschienene Arbeit von Arlt [1]) enthält einige Modificationen der Darstellung van Reeken's und H. Müller's. Arlt lässt den Muskel vorne nicht bloss von der Cornea, einwärts vom Canalis Schlemmii, sondern auch nach auswärts von diesem von der Sclerotica entspringen. [2]) Die auch von Arlt, aber vorzugsweise am inneren Winkel des dreieckigen Muskels, bemerkten circulären Fasern sind nach ihm nur als Ausläufer der radiären zu betrachten, welche in ihrem Verlaufe gegen die Ciliarfortsätze hin sich nach allen Richtungen ausbreiten und mit den radiären durchkreuzen.

Von den vorhergehenden weicht wesentlich die im Jahre 1858

---

1) Gräfe's Archiv. 1857. II p. 87.

2) l. c. p. 104.

von Mannhardt [1]) gelieferte Beschreibung des menschlichen Ciliarmuskels ab. Nach diesem Forscher sollen ausser den von der inneren Wand des Canalis Schlemmii aus der gefaserten Membrana Descemetii entspringenden Muskelfasern, welche die äussere Schicht des ganzen Muskels bilden, auch noch von der Iris herkommende elastische Faserzüge in Muskelfasern übergehen, welche mit den von der Cornea kommenden sich verbinden. Der Ciliarmuskel soll also mit zwei Köpfen vorne entspringen, deren einer von der Cornea, der andere von der Iris kommt. Zwischen diesen beiden Zipfeln soll das elastische Ligamentum pectinatum von der Cornea zur Iris ziehen. Der inneren Partie des ganzen Muskels vindicirt Mannhardt nach vorne zu mehr den Charakter eines elastischen Flechtwerks. Im Uebrigen enthält nach ihm dieser innere Theil Muskelfasern, welche netzförmig nach allen Richtungen, zum Theil kreisförmig verlaufen und mit der äusseren Schicht des Muskels in Austausch stehen. Von den äussersten Längsfasern sollen einige bald an die Sclerotica herantreten und in eine derselben anhaftende feine elastische Lamelle übergehen, von den anderen auch noch ein Theil nach längerem Verlaufe in der Chorioïdea schliesslich an die Sclerotica sich ansetzen.

Eine ausführliche Beschreibung des Ciliarmuskels lieferte im Jahre 1865 G. Meyer. [2]) Hinsichtlich der Verbindung des Muskels mit der Sclerotica und Cornea spricht dieser Forscher sich dahin aus, dass die einzelnen Muskelbündel sich so zwischen die an der hinteren und unteren (?) Seite des Schlemm'schen Canales verlaufenden und dessen Wandung bildenden, festen, kreisförmigen Bindegewebszügen inseriren, dass ein dichtes Netz von sich kreuzenden Fasern hergestellt wird. Nach hinten vom Schlemm'schen Canale treten noch Muskelbündel direct an die Sclerotica und verbinden sich fest mit derselben in einer je nach den Individuen wechselnden Ausdehnung. Nach innen von der in Uebereinstimmung mit den meisten Autoren beschriebenen compacten, meridionalen, der Sclerotica anliegenden Schicht des Muskels finden sich die von der Innenseite des Canalis Schlemmii entspringenden Muskelfaserzüge, welche nicht eine so compacte Masse bilden, sondern im Allgemeinen nach vorne concave

1) Gräfe's Archiv 1858. p. 277.
2) Virchow's Archiv. Bd. XXXIV. p. 380.

Bogen beschreibend, häufig sich theilen, sich wieder vereinigen und so durch wiederholtes Auseinanderweichen und gegenseitigen Austausch ein mehr oder minder dichtes Geflecht herstellen, dessen Fasern auch zum Theil die meridionale Richtung verlassen, um zu Theilen des sogenannten Müller'schen Ringmuskels zu werden. Die meisten der nach vorne und innen zu gelegenen Spalten und Lücken, welche zwischen dieser netzförmigen Partie des Längsmuskels übrig bleiben, sind nach Meyer ausgefüllt von den Ringfasern des Müller'schen Muskels mit dem sie begleitenden Bindegewebe. Es handelt sich also bei diesem letzteren nicht um einen einfachen Strang, welcher etwa von der meridionalen Schicht abgelöst und für sich hergestellt werden könnte, sondern es sind dies Muskelfaserzüge, welche, durch die Lücken der Meridionalfasern hindurchziehend, ähnlich wie jene, zahlreiche, netzförmige Verbindungen unter einander eingehen.

Henle hat in seiner 1866 erschienenen Eingeweidelehre (p. 624 u. ff.) über den Bau des Ciliarmuskels folgende Ansichten ausgesprochen. Zwischen den theils longitudinal theils quer verlaufenden Bindegewebsbündeln des Corpus ciliare, die in den äusseren Partieen nur dünne Lamellen bilden, nach innen zu aber stärker werden und vielfach anastomosirend runde oder spaltförmige Räume begrenzen, liegen Züge glatter Musculatur, deren Faserrichtung durch die Lage der Kerne ausgesprochen wird. Zunächst der äusseren Fläche des Muskels beschreibt Henle mehrere Lagen meridional gerichteter Kerne, längs der concaven vorderen Fläche eine ähnliche Schicht circulär gerichteter Kerne und im übrigen Theile des Muskels längs und quer gerichtete Kerne in regelloser Anordnung; woraus dann eine gleiche Lagerung der glatten Muskelfasern selbst gefolgert wird. Die äusseren meridional gerichteten Fasern befestigen sich nach Henle vorne unter sehr spitzem Winkel an der Innenfläche des Sinus venosus, die circulären werden an der Vorderfläche von einer dünnen Lage feiner elastischer Fasernetze bekleidet, die sich von der Cornea zu dem angehefteten Rande der Iris hinüberschlagen und Septa in den Muskel senden, durch welche er oberflächlich in Bündel abgetheilt wird.

Ausser diesen in manchen Puncten nicht unerheblich differirenden Angaben über die Musculatur im Corpus ciliare findet sich hin und wieder die Behauptung aufgestellt, dass auch die Zonula Zinnii

musculöse Elemente und zwar quergestreifte Muskelfasern enthalte [1]) oder sogar ganz aus solchen bestehe. [2])

Zu den Ergebnissen meiner eigenen Untersuchungen übergehend, bemerke ich zunächst, dass ich im Bulbus des Menschen nur an einem Orte, nämlich im Corpus ciliare, Muskelfasern, und zwar glatte, gefunden habe. Die faserigen Elemente der Zonula Zinnii halte ich mit Henle und Anderen für den elastischen Fasern ähnliche, wenngleich gegen chemische Reagentien nicht ganz so widerstandsfähige Gebilde. Durch Chlorpalladium werden sie wie hyaline Membranen und elastische Fasern blassgelblich gefärbt. Die bei gewissen Behandlungsmethoden hin und wieder an denselben bemerkbaren Querstreifen, welche auch nicht entfernt an diejenigen der quergestreiften Muskelfasern erinnern, scheinen mir durch die beim Zusammenschrumpfen entstehenden Dichtigkeitsdifferenzen erzeugt zu werden. Der von Max Langenbeck beschriebene M. compressor lentis-accommodatorius müsste nach seiner eigenen Beschreibung und Abbildung ausserhalb des Corpus ciliare, nämlich zwischen den äussersten Spitzen der Processus ciliares ausgespannt, ein wenig vor dem Rande der Linse auf deren vorderer Kapsel, also in der Gegend der Zonula Zinnii liegen. Nach dieser Beschreibung kann ich nur annehmen, dass Langenbeck Theile der Zonula selbst vor sich hatte, kann also auch den beschriebenen Ringmuskel nicht anerkennen.

Das Corpus ciliare dagegen, jener nach innen vom vorderen Ende der Sclerotica gelegene, im Durchschnitt länglich dreieckige Ring, welcher mit dem gegen die Augenaxe vorragenden Faltenkranze der Processus ciliares die Fortsetzung der Chorioïdea nach vorne zu bildet, lässt in seinem bindegewebigen Stroma bei den verschiedensten Untersuchungsmethoden leicht einen reichen Gehalt an glatten Muskelfasern erkennen. Die Ausbreitung, Richtung und Verbindung dieser unter dem Namen M. ciliaris zusammengefassten Fasern wird uns zunächst beschäftigen.

Die Bestimmung der Lage des Muskels im Corpus ciliare, so-

---

1) So von Finkbeiner in der Zeitschrift für wissensch. Zoologie. Bd. VI. p. 330. und von Heiberg in Gräfe's Archiv. 1865. p. 168.

2) Home. Lectures on comp. anatomy. Vol. IV. Tab. LXXXVII. Fig. 5 und 6.

Nuhn. Bericht der 34. Vers. der Naturf. und Aerzte in Karlsruhe. 1859. p. 216.

wie die Ermittlung seiner Grenzen und Dimensionen gelingt am Besten bei der Vergleichung von radiären Meridionalschnitten des Corpus ciliare mit zur Ebene dieser senkrecht gestellten Querschnitten desselben, wie sie in Fig. 3 und 4 der Taf. XXIV dargestellt sind. Man überzeugt sich zunächst, dass, wenn auch die Muskelzüge den bei weitem grössten Theil des Corpus ciliare durchsetzen, sie doch an der vorderen schmalen, an die Iris grenzenden und der nach innen [1]) und hinten gewandten, die Processus ciliares tragenden Seite eine breite Zone übrig lassen, welche nur aus Bindegewebe besteht. Man wird die innerste Muskelpartie von der Pigmentlage des Corpus ciliare stets noch durch eine Bindegewebslage getrennt finden (Fig. 3 und 4), und wenn in der einen Schrägschnitt darstellenden Fig. 5 die Musculatur das Pigment an einer Stelle zu erreichen scheint, so ist dies eben nur scheinbar, indem bei der Lage dieses Schnittes etwas Pigment das noch darunter liegende Bindegewebe verdeckt. In die Processus ciliares geht die Musculatur nicht hinein. Die Breite ihres Abstandes von der freien Vorder- und Hinterfläche des Corp. cil. ist nicht überall gleich. Abgesehen von mannigfachen kleinen Einbiegungen der das Pigment tragenden innersten Schicht, pflegt sie am Geringsten in der Nähe des hinteren äusseren Endes, am grössten an dem inneren vorspringenden Winkel zu sein, so dass die Form des Meridionaldurchschnittes des Muskelringes derjenigen des Corpus ciliare nicht vollständig ähnlich sein kann. Denn wenn sie auch im Ganzen beide einem länglichen rechtwinkligen Dreiecke mit nach vorne und aussen gelegenem rechten Winkel verglichen werden können, dessen vorderer, kurzer Seite ein zwischen den beiden längeren Seiten gelegener, nach hinten und aussen gewandter spitzer Winkel gegenüber liegt, so muss doch bemerkt werden, dass der innere Winkel bei dem Muskeldurchschnitt stets beträchtlich abgerundet erscheint, dass also die schmale vordere Seite gewöhnlich durch einen Bogen in die nach innen und hinten gekehrte übergeht. Es wird demnach die dickste Stelle der ganzen Muskelplatte nicht an der vorderen Seite, sondern etwas weiter zurückliegen. Hier mass ich an Chlorpalladiumpräparaten eine Breite von 0,9 bis 1,0 Mm., während die Länge des ganzen Muskels 3 bis 4 Mm. beträgt.

---

1) Die Ausdrücke innen, aussen etc. beziehen sich stets auf die Axe des einzelnen Bulbus.

Die nach vorne und aussen gewandte Fläche des Corpus ciliare wird durch reine Musculatur gebildet und schliesst sich hinsichtlich ihrer Form genau an die Innenfläche der vorderen Sclera-Partie an. Es fragt sich, ob und in wie weit sie mit der Sclerotica in directer Berührung steht. Die Ansichten der oben citirten Forscher gehen über diesen Punct nicht unerheblich auseinander. Während einige, z. B. G. Meyer[1]) ein unmittelbares Aneinanderliegen beider Theile behaupten, beschreiben Andere, wie van Reeken, zwischen denselben eine dünne, aus Bindegewebe und feinen elastischen Elementen bestehende, in die Chorioïdea übergehende Lamelle, welche van Reeken noch speciell als eines der Spaltungsproducte der M. Descemetii ansieht. Ich konnte mich von dem Vorhandensein einer solchen Zwischenlage zwischen der Aussenfläche des M. ciliaris und der Sclerotica auf das Sicherste überzeugen und halte dieselbe in Uebereinstimmung mit Henle[2]) für eine directe Fortsetzung der Lamina suprachorioïdea s. fusca, welche, nach vorne zu allmählig dünner werdend, bis nahe an den Canalis Schlemmii hinanzieht und zuweilen auch in diesem vorderen Ende noch die so charakteristischen Pigmentzellen behält. Diese die Aussenfläche des M. ciliaris mit der Sclerotica verbindende dünne und lockere Bindegewebslage als aus der Spaltung der M. Descemetii hervorgegangen anzusehen, finde ich keine Veranlassung, da ihr Zusammenhang mit dieser hyalinen Membran nicht in die Augen fällt und jedenfalls kein directer ist.

Die Vertheilung der Muskelfasern innerhalb des ganzen Bezirkes des M. ciliaris ist ausserordentlich ungleich, wie schon ein Blick auf die Fig. 3 zeigt. Während der nach vorne und aussen, also der Sclerotica zunächst gelegene Theil eine derbe Muskelplatte mit nur wenigen dünnen Spalten darstellt, nehmen nach innen zu zwischen den immer dünner werdenden Muskelzügen die bindegewebshaltigen Spalten und Lücken so sehr an Zahl und Grösse zu, dass hier die Musculatur nur ein grossmaschiges, dünnbalkiges Netzwerk bildet, bis wiederum an der nach vorne und innen gekehrten schmalen, sowie auch an der ganzen inneren Seitenwand (letzteres muss ich besonders betonen, da es noch von Niemand bemerkt ist) stärkere Muskelfaserlagen auftreten. Aus dieser ungleichen Vertheilung der

1) Virchow's Archiv. XXXIV. p. 385.
2) Eingeweidelehre p. 624.

Fasern allein lässt es sich verstehen, wie es kam, dass von dem Entdecker des M. ciliaris zuerst nur die Aussenpartie desselben erkannt und erst später von den verschiedenen Untersuchern ein Theil nach dem andern aufgefunden wurde.

Ueber die Richtung der Fasern in dem compacten äusseren Theile des M. ciliaris erhält man bei jeder Untersuchungsmethode hinlänglich sicheren Aufschluss und überzeugt sich leicht, dass alle Fasern ziemlich parallel neben einander liegen und, zu derben Platten vereinigt, der Krümmung des Vordertheiles der Sclerotica folgen, also im leichten Bogen von vorne und innen nach hinten und aussen ziehen. Die Breite dieser derben Aussenlage, welche entschieden die Hauptmasse der musculösen Elemente des M. ciliaris enthält, beträgt gewöhnlich auf dem Meridionalschnitt gemessen $1/4$ bis $1/3$ des ganzen Muskeldurchmessers. Doch variirt dieses Verhältniss individuell ausserordentlich, und ich habe Augen gefunden, wo diese compacte äussere Schicht fast die Hälfte des Muskeldurchschnittes einnahm. In den schmalen Spalten zwischen den einzelnen Platten derselben liegen dünne Bindegewebslamellen, deren Faserung gewöhnlich auch die Richtung der Musculatur einhält. Diese bindegewebshaltigen Spalten nehmen aber weiter nach innen, zuerst im hinteren Theile des Muskels, später auch in den weiter vorne gelegenen Partieen, allmählig an Anzahl und Ausdehnung zu, wobei sie jedoch weniger langgezogen, auf Meridionalschnitten mehr spindelförmig oder selbst unregelmässig rundlich erscheinen. Die sie umziehenden und begrenzenden Muskelzüge sieht man dem entsprechend mit ihrem vorderen Ende noch eng und fest an den Vordertheil jener äusseren compacten Muskelplatte anliegen, nach hinten zu aber allmählig von derselben sich ablösen, um mehr gerade nach hinten und selbst nach hinten und innen fächerförmig auseinanderziehend, eine geflechtartige Verbindung einzugehen. Man vergleiche Fig. 3. Es ist nicht ganz leicht und bei den bisher bekannten Präparationsmethoden wohl ganz unmöglich, über die Richtung der Muskelfasern in diesem Geflechte Sicherheit zu erlangen. Erst wenn man durch die Anwendung des Chlorpalladiums mit nachfolgender Carmintinction die Muskelzüge mit aller Schärfe durch die Färbung markirt und so eine Verwechslung ihrer Kerne mit denjenigen des umgebenden Bindegewebes unmöglich gemacht hat, gelingt es, die Richtung der Muskelkerne und damit die Richtung der Fasern an jeder einzelnen Stelle genau festzustellen. Untersucht man zunächst an einem Meri-

dionalschnitt (Fig. 3) die Lagerung der Kerne in diesem Geflecht, so überzeugt man sich bald, dass in dem äusseren Theile desselben fast alle Kerne im Längsschnitt, also von der Seite gesehen werden, und zwar dem eben beschriebenen Auseinanderziehen der Muskelbündel entsprechend, vom hinteren äusseren Ende des Muskels nach seinem vorderen inneren zu allmählig aus der zum Bulbus tangentialen (der Sclerotica parallelen) Richtung in die radiäre übergehen. Dies ist aber nur in dem äusseren Theile des Geflechts der Fall. Geht man weiter nach innen, so bemerkt man bald erst einige, dann immer mehr und schliesslich fast alle Muskelkerne im Querschnitt, d. h. in der Richtung ihrer Axe von oben. In der innersten, aus stärkeren Muskelbündeln gebildeten Lage des ganzen Muskels, sowie an seiner, gleichfalls starke Züge aufweisenden, nach vorne und innen gewandten schmalen Seite sieht man endlich sämmtliche Muskelkerne im wirklichen oder optischen Querschnitt. Es geht also die Richtung der Muskelfasern etwa in der Mitte des Geflechtes aus der meridionalen resp. mehr radiären in die circuläre über und wird eine rein circuläre in den starken Zügen nicht nur der vorderen schmalen, sondern auch der nach innen und hinten gewandten Seite des Muskels. Ist diese zunächst aus dem Studium meridionaler Durchschnitte gewonnene Ansicht richtig, so muss man an einem ebenfalls senkrecht zur Fläche der Sclerotica, aber transversal geführten Schnitte in der äusseren Partie des Muskels, also in dem Durchschnitte der starken äusseren Muskelplatte und in dem äusseren Theile des Flechtwerkes, alle Kerne im Querschnitt, in dem inneren Theile des Flechtwerkes aber und in den inneren und vorderen starken Grenzzügen die Kerne im Längsschnitt sehen. Dies ist nun wirklich der Fall, wie ein Blick auf die Fig. 4 lehrt. Ja, es gelingt zuweilen, den Schnitt so zu führen, dass alle, oder doch fast alle Muskelkerne im Längsschnitt gesehen werden, wenn man ihn nämlich durch den vorderen äusseren Winkel des Muskels und die Mitte der inneren hinteren Seite parallel einer vorderen seitlichen Tangentialfläche des Bulbus legt, ein Fall, der in Fig. 5 dargestellt ist.

Wir kommen endlich zu der für das Verständniss der Wirkungsart des ganzen M. ciliaris besonders wichtigen Frage nach der Verbindung seiner Faserzüge unter einander und mit den umgebenden Theilen. Aus der obigen Auseinandersetzung über Vertheilung, Richtung und Lage der einzelnen Muskelfaserbündel erhellt, dass alle

meridional verlaufenden, sowie die von diesen sich abzweigenden und der radialen Richtung sich nähernden Züge gemeinsam in der Gegend der vorderen, dem Hornhautrande zugewandten Kante des dreikantigen Muskelringes entspringen. Dieses vordere Ende sämmtlicher auf dem Meridionalschnitte längsgerichteten, die Hauptmasse unseres Muskels bildenden Faserzüge hat nur die verhältnissmässig geringe Breite von etwa 0,15 Mm. und erreicht mit seiner von aussen wie von innen etwas zugeschärften Kante fast das Niveau des hinteren Endes des Canalis Schlemmii. Seine aus derbem faserigen Bindegewebe bestehende directe Fortsetzung nach vorne, also die vordere Ursprungssehne des Hauptheiles des M. ciliaris, zeigt einen lamellösen Bau und verläuft, zu einer etwas dünneren Platte sich zusammenziehend, an der Innenseite des Canalis Schlemmii in der Richtung der äusseren Längsmuskellage wie eine Fortsetzung dieser nach vorne und innen, um endlich continuirlich in die Cornea überzugehen. Nur von den am weitesten nach aussen gelegenen der vordersten Muskelfasern dringen einige etwas mehr gerade nach vorne gewandt als die übrigen mit ihren Spitzen in das hinter dem Canalis Schlemmii gelegene, zur Slerotica gehörige Gewebe ein. Aber auch die Richtung dieser wenigen äussersten Fasern und ihrer bindegewebigen Fortsetzung verläuft stets noch nach innen vom Canalis Schlemmii oder gegen diesen selbst, so dass keinenfalls ein Entspringen der Muskelfasern auswärts von jenem venösen Sinus behauptet werden darf. Alle diese an der Innenseite des Canalis Schlemmii vom vorderen Ende des M. ciliaris nach vorne ziehenden Bindegewebsfasern aber als in die Membrana Descemetii übergehend anzusehen, oder aus deren faseriger Auflösung herzuleiten, wie dies van Reeken gethan hat, scheint mir nicht richtig. Ich finde, dass nur ein Theil dieser Fasern, und zwar die inneren, sich nach vorne zu in die M. Descemetii fortsetzen, dass dagegen andere (und diese bilden den Haupttheil) direct in das eigentliche Cornealgewebe übergehen, die folgenden gegen die Innenwand des Canalis Schlemmii ziehen und endlich die schon oben erwähnten äussersten Fasern sich in das hinter dem Canalis Schlemmii gelegene Scleroticalgewebe mit einer Richtung gegen diesen Canal inseriren. Es wird demnach die Zugkraft des ganzen in Rede stehenden Theiles des Muskels mittelst der zwischen dem Canalis Schlemmii und der vorderen Augenkammer gelegenen Faserlamellen, als der zugehörigen Sehne auf die Ursprungsstelle dieser, nämlich die Membrana Descemetii und die innersten

Lagen des eigentlichen Cornealgewebes, sowie zu einem geringen Theile auch auf die Innen- und Hinterwand des Canalis Schlemmii wirken. Die Richtung dieses Zuges ergiebt sich aus der oben dargelegten Anordnung der Muskelfasern mittelst der Construction des Parallelogramms der Kräfte, denn es kann wohl nicht bezweifelt werden, dass die so innig verbundenen und verflochtenen Züge zugleich und wie ein Muskel wirken. Berücksichtigen wir, dass der bei weitem grösste Theil aller Muskelfasern in der von vorne und innen nach hinten und aussen ziehenden äusseren Platte vereinigt ist und nur ein geringer Theil in Form eines dünnbalkigen Flechtwerkes mehr gerade nach hinten und endlich nur wenige zarte Züge nach hinten und innen führen, so werden wir schliessen müssen, dass die Zugrichtung nur um ein Geringes von der nach hinten und aussen ziehenden Richtung jener dicken äusseren Muskelfaserlage und zwar ein wenig zur Richtung gerade nach hinten abweicht, also etwa so wie der grosse Pfeil in Fig. 2 gelegen ist. Da nun die dem vorderen Ende des Muskels zur Insertion dienenden oben genannten Theile in der bezeichneten Richtung gar nicht oder nur ausserordentlich wenig nachzugeben vermögen, so haben wir hier einen festen Ursprung für alle auf dem Meridionalschnitt in der Längsrichtung zu treffenden Faserzüge des M. ciliaris gefunden.

Die ganze Aussenfläche des Muskels liegt, durch die oben erwähnte, plattenartige, dünne Fortsetzung der Membrana suprachorioïdea mit der Innenfläche der Sclerotica sehr locker verbunden, dieser leicht verschiebbar an. In der Gegend der hinteren äusseren Kante des Ciliarmuskels geht das hintere Ende der äusseren derben Muskelfaserlage, meistens in einige Lamellen auseinanderweichend, in das hier gewöhnlich mit vielen sternförmigen Pigmentzellen durchsetzte bindegewebige Stroma der Chorioïdea über, während die übrigen mehr gerade nach hinten und selbst nach hinten und innen laufenden Muskelzüge, nachdem sie schon unter einander vielfach langmaschige, netzförmige Verbindungen eingegangen, sich direct mit dem aus circulär verlaufenden Fasern gebildeten Netzwerk verbinden. Es ist wichtig zu constatiren, dass alle diese Endpuncte der auf dem Meridionalschnitt längsgerichteten Fasern beweglich sind, sowohl das vordere Ende der so dehnbaren und gegen die Sclerotica und Retina leicht verschiebbaren Chorioïdea, als das inmitten des weichen gefässreichen Corpus ciliare gelegene circuläre Muskelfasernetz. Dieses letztere, welches in circulärer Richtung langgestreckte, auf

dem Meridionalschnitt rundlich erscheinende, bindegewebshaltige Maschen umzieht, verstärkt sich in seinen Zügen, wie schon mehrfach hervorgehoben wurde, an der Innenseite des M. ciliaris erheblich. Doch ist hier keine continuirliche Muskelfaserplatte hergestellt, sondern es bleiben noch reichliche, wenn auch sehr schmale Spalten zwischen den derben, netzförmig verbundenen, circulären Zügen übrig. Am besten überzeugt man sich hiervon an Schnitten, welche in der Ebene der nach innen und hinten gekehrten Seite des Muskels durch diese selbst gelegt sind. Zu dem Systeme dieser an der Innengrenze des Ciliarmuskels befindlichen starken, circulären Fasernetze gehören nun auch die an der Vorderseite gelegenen, durch Stärke der einzelnen Züge und etwas grössere Isolirung ausgezeichneten sogenannten Müller'schen Circulärfasern, welche sich jedoch ebenfalls netzförmig unter einander und hie und da selbst mit den eben beschriebenen Innenzügen verbinden. Es sind demnach die Circulärfasern durchaus nicht, wie vielfach fälschlich angegeben ist, in den Lücken oder Maschen zwischen den Längszügen zu finden, sondern sie stehen mit jenen in netzartiger Verbindung und stellen selbst ein den Muskel an der ganzen Vorder- und Innenseite umziehendes, ziemlich starkbalkiges Netzwerk dar, welches in circulärer Richtung langgezogene Maschen umschliesst.

Aus den mitgetheilten Resultaten der anatomischen Untersuchung ergiebt sich nun ohne Weiteres die bei der Contraction eintretende Lageveränderung der Theile des Muskels und der an denselben direct befestigten Gebilde. Da sich die längsten Faserzüge in der oft genannten, derben, äusseren Platte befinden und mittelst ihrer vorderen sehnigen Fortsetzung zum kleinen Theile in das Gewebe der Sclerotica, zum grössten Theile an der Cornea fest inseriren, also vorne ihren festen Punct haben, so wird deren hinteres Ende und der an ihm in der Gegend der Ora serrata befestigte vordere Rand der Chorioïdea bedeutend nach vorne und innen gezogen. Weniger ausgiebig wird die Verschiebung ausfallen, welche die Enden der aus derselben Gegend entspringenden, aber mehr gerade nach hinten, zum Theil selbst nach hinten und innen gerichteten Züge und zwar in der Richtung dieser selbst gerade nach vorne resp. nach vorne und etwas nach aussen erfahren. Da nun, wie oben geschildert, diese Faserzüge direct in die circulären Muskelnetze übergehen, so wird diesen und dem ihnen anhängenden Bindegewebe eine im Allgemeinen nach vorne gewandte Richtung der Bewegung mitgetheilt.

Alle Ringfaserzüge selbst aber müssen bei ihrer Contraction zunächst sich selbst und dann die mit ihnen verbundenen Theile in der Richtung gerade nach innen bewegen.

Denken wir uns das ganze im Corpus ciliare enthaltene Muskelgeflecht auf einmal sich contrahirend, so wird der Effect im Allgemeinen der sein, dass der hintere Theil des Corpus ciliare mit dem ihm anhängenden Vorderende der Chorioïdea sich nach vorne und innen und die vordere und innere Randpartie desselben sich gerade nach innen verschiebt, wie das die beiden Pfeile auf Fig. 2 andeuten. Dabei versteht es sich natürlich von selbst, dass überall da, wo netzförmige Verbindung der Faserzüge mit erheblicher Weite der Maschen besteht, das in diesen Maschen liegende Bindegewebe, also auch die in denselben enthaltenen Gefässe comprimirt werden, soweit es die Kraft der umziehenden Muskeln und die Compressibilität des Gewebes selbst zulassen.

Handelt es sich nun darum, die bei der Contraction des M. ciliaris eintretenden Lageveränderungen der ihm zunächst liegenden Theile in ihrer Bedeutung für die Accomodation zu würdigen, so wird es nöthig, zuvor noch einen Blick auf die Verbindung zwischen Corpus ciliare und Linse zu werfen. Das einzige feste Verbindungsglied zwischen diesen beiden Theilen bildet die Zonula Zinnii. Wie nun auch im Uebrigen die Ansichten der Forscher über dieses Gebilde differiren, so stimmen doch alle darin überein, dass dieselbe eine aus ziemlich derben, wenig nachgiebigen Fasern gebildete, stramm gespannte Membran sei, welche in der Gegend der Ora serrata fest mit der Chorioïdea und deren Fortsetzung in das Corpus ciliare verbunden, sich nach vorne zu (nachdem sich von ihr eine dünne, dem Corpus vitreum vorne dicht aufliegende Lamelle abgelöst hat) dicht an die Innenseite des Corpus ciliare, also auch an die innere Fläche der Processus ciliares in Form einer Halskrause anlegt und erst von dem am Weitesten nach innen vorragenden Theile des Corpus ciliare dieses verlässt, um sich an den Rand der Linse mit directem Uebergange in deren Capsel zu inseriren. Mit der Constatirung dieser leicht zu ermittelnden Thatsachen können wir uns für unsere Zwecke begnügen und wollen nur noch die ziemlich controverse Frage nach der Form des Ansatzes der Zonula Zinnii an die Linsencapsel kurz berühren. Von den halskrausenartig angeordneten Zonula-Fasern inseriren die vorderen, indem sie auf eine eigenthümliche, von Henle in seiner Eingeweidelehre in der Fig. 521 vortrefflich

wiedergegebene Weise breit auseinander fahren und so fast eine continuirliche, dem Linsenrande parallele Ansatzlinie, etwa 1,5 Mm. vor dem äussersten Linsenrande darstellen, die hintersten aber, wie ich nach meinen Präparaten behaupten muss, gerade an diesen äussersten Linsenrand selbst, so dass also alle Zonula-Fasern an die Vorderfläche der Linse treten. Es wird demnach ein von denselben ausgeübter Zug direct nur diese Vorderfläche treffen und abplatten. Dass aber eine solche Spannung wirklich im ruhenden Zustande des lebenden Auges von der Zonula Zinnii ausgeübt wird, unterliegt wohl keinem Zweifel. Dafür spricht vor Allem das Convexerwerden der ganzen Linse, besonders aber der Vorderfläche nach ihrer Herausnahme, sowie der Umstand, dass man, wie schon Helmholtz vor Jahren fand, durch Ziehen an der Zonula ein Abflachen der Linse am todten Auge leicht hervorbringen kann. Es wird auch daraus verständlich, wesshalb überhaupt gerade die Vorderfläche der Linse so bedeutend abgeflacht ist, wesshalb die Ruhelage des Accommodationsapparates in der Einstellung für die Ferne besteht, und man erst bei der Accommodation für die Nähe ein Gefühl von Muskelanstrengung im Auge wahrnimmt, welches mit der zunehmenden Nähe des fixirten Gegenstandes wächst, wesshalb endlich bei der Beobachtung eines abwechselnd für die Ferne und für die Nähe accommodirenden Auges durch das Ophthalmoskop stets ein ganz allmähliges Näherrücken des Spiegelbildes der vorderen Linsenfläche an dasjenige der vorderen Cornealfläche, also ein Convexerwerden der Linse an ihrer Vorderseite bei der Einstellung für die Nähe, — dagegen immer ein plötzliches Zurückspringen des Spiegelbildes der vorderen Linsenfläche in die Nähe des von der hinteren Linsenfläche reflectirten Bildes, also eintretende Abflachung der Vorderfläche der Linse bei der Accommodation für die Ferne eintritt. Jede active Accommodation durch den Ciliarmuskel wird demnach eine Accommodation für die Nähe sein.

Untersuchen wir nun, welchen Einfluss die Contraction des M. ciliaris auf die in der Ruhe gespannte und durch ihre Spannung auf die Vorderfläche der Linse abflachend wirkende Zonula und so indirect auf die Form der Linse ausüben wird. Aus den anatomischen Verhältnissen ergab sich unmittelbar, dass die starke äussere Partie des Muskels das Vorderende der Chorioïdea nach vorne und innen zieht. Mit diesem letzteren ist aber in der Gegend der Ora serrata der hintere Ursprungstheil der Zonula fest verwachsen, folglich wird

auch dieser hintere Ursprungstheil der Zonula nach vorne und innen gezogen und zwar ziemlich weit, da die Aussenlage des Muskels ja die längsten Faserzüge enthält. Dass hierdurch eine Entspannung der Zonula, also eine Wölbungszunahme der Linsenvorderfläche mit Vorrücken ihres Scheitelpunctes herbeigeführt werden muss, leuchtet ein. Wir fanden ferner, dass bei der Contraction des anderen Haupttheiles des M. ciliaris, nämlich des an der Vorder- und Innenseite herumziehenden circulären Fasernetzes, eine Bewegung des ganzen inneren Randtheiles des Corpus ciliare mit den ihm aufsitzenden Processus ciliares gerade nach innen erfolgen muss. Nun liegt aber der Innenfläche dieser Theile die Zonula Zinnii dicht an, ist denselben sogar hie und da leicht angeheftet, und zieht von den innersten Spitzen des Corpus ciliare und seiner Processus sich nach innen umlegend gegen die Linse. Es kann demnach keine vortheilhaftere Einrichtung zur Erschlaffung des freien, direct an den vorderen Linsenrand sich anheftenden Theiles der Zonula durch Contraction der in Rede stehenden Muskelfaserzüge gedacht werden und es ergiebt sich, dass auch dieser Theil des M. ciliaris ebenso wie der äussere durch Entspannen der Zonula ein Vorwölben der vorderen Linsenfläche bewirken muss. Auch liegt kein Grund vor, daran zu zweifeln, dass beide Theile zugleich wirken, eine Annahme, welche von vorne herein durch die innige, netzförmige Verbindung beider die Wahrscheinlichkeit für sich hat.

So ergiebt sich denn direct aus dem anatomischen Befunde eine Theorie der Accommodation, welche im Wesentlichen mit der von Helmholtz[1]) zuerst aufgestellten übereinstimmt, und welche wohl geeignet erscheint, alle bis jetzt am Lebenden bei der Accommodation beobachteten Veränderungen zu erklären. Die bei der Accommodations-Anstrengung zunehmende Wölbung der vorderen Linsenfläche und die dabei erfolgende Verschiebung ihrer Mitte und mit dieser des Pupillarrandes der Iris nach vorne haben wir schon als unmittelbares Resultat der Entspannung der Zonula kennen gelernt. Dass bei dieser Vorwölbung der Mitte der vorderen Linsenfläche ein geringes Einziehen des Seitenrandes der Linse stattfinden muss, ist, da die Substanzmasse der Linse selbst sich nicht ändern kann,

1) Physiologische Optik, in der allgemeinen Encyklopädie der Physik p. 103—125 und 831 bis 834.

begreiflich. Hieraus aber versteht sich leicht die geringe Zunahme der Wölbung der hinteren Linsenfläche, deren Mittelpunct übrigens seinen Ort nicht verlässt, sowie das geringe Zurückweichen des äusseren Irisrandes (mag man nun ein hinteres Kammerwasser annehmen oder nicht), welche beiden Phänomene durch die Beobachtung ebenfalls am Lebenden während der Accommodationsthätigkeit wahrgenommen wurden. Die Erweiterung der Pupille bei der Accommodation für die Nähe kann meiner Ansicht nach aus der Compression der durch den Ciliarmuskel selbst verlaufenden zuführenden Arterien der Iris, während der Abfluss des Blutes durch die Venen nicht gehemmt ist, wohl erklärt werden. — Auch die jüngst von C. Völkers und V. Hensen[1]) bei der Reizung der Ciliarnerven am Auge des Hundes beobachteten Veränderungen, sowie die von jenen Forschern gezogenen Schlüsse stimmen mit der eben entwickelten Vorstellung vom Accommodationsmechanismus des menschlichen Auges, wie ich glaube, hinlänglich überein.

---

1) Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften. 1866. p. 721.

Erklärung der Abbildungen.

1. Horizontaler Durchschnitt eines in Chromsäure erhärteten menschlichen Auges, dreimal vergrössert. Grösse, Form und Lage der einzelnen Theile sind durch directe Messungen am Präparate festgestellt. Durch die Schrumpfung der Linse und durch die Abspannung der Zonula hat der Dicken-Durchmesser der Linse, besonders die Wölbung der Vorderfläche bedeutend zugenommen und ist dem entsprechend der Umfang des Seitenrandes sehr verkleinert. So kommt es, dass der freie Theil der Zonula zwischen den Processus ciliares und dem Linsenrande deutlich hervortritt und man das Faltenblatt derselben von der Fläche, die hintere auf der Hyaloidea liegende Spaltungslamelle im Durchschnitt sehen kann.

2. Eine schematische Zeichnung, in welcher der Ansatz des Faltenkranzes der Zonula an die Linse und die Zugrichtung der beiden Haupttheile des M. ciliaris angedeutet ist. Der längere Pfeil bezeichnet die Zugrichtung der äusseren meridional gerichteten Fasern, der kürzere diejenige des circulären Geflechtes.

3. Meridionaler Durchschnitt des Corpus ciliare eines erwachsenen Mannes. 50fache Vergrösserung. Die vordere Hälfte des etwa 24 Stunden nach dem Tode aus der Linse genommenen Bulbus hatte nach Entfernung des Glaskörpers und der Linse, mit einer Oeffnung in der Cornea versehen, acht Tage in einer Chlorpalladiumlösung von 1 : 800 gelegen. Ein gut gelungener Schnitt wurde nach dem Auswaschen mit einer mässig starken Carminlösung tingirt, nach dem Abspülen in Glycerin eingeschlossen und das so gewonnene Präparat bei 50facher Vergrösserung mit der Camera lucida gezeichnet. Den hinteren und mittleren Theil des in den Schnitt gefallenen Processus ciliaris sieht man von der Seitenfläche mit Pigment belegt; eine dicke Falte p. des vordersten Theiles aber ist durchschnitten und zeigt daher ihr roth tingirtes Bindegewebsstroma.

c. Cornea.
d. Membrana Descemetii.
h. Sclerotica.
i. Iris.
ch. Chorioidea.
sch. Haupttheil des Canalis Schlemmii.

4. Querschnitt durch das Corpus ciliare eines Erwachsenen. Die Lage des Schnittes ist in der Fig. 4 a angedeutet. Die Herstellung des Präparates geschah wie bei 3. Vergrösserung 60/1.

5. Schrägschnitt durch das Corpus ciliare eines Erwachsenen. Die Lage des Schnittes erhellt aus der beigefügten Fig. 5 a. Herstellung des Präparates wie bei 3. Vergrösserung 80/1. Die schräg durchschnittenen Fasern der Zonula Zinnii sind hier erhalten.

Embryologische Mittheilungen.

Von

Dr. V. Hensen
in Kiel.

Seit längerer Zeit habe ich mich mit der Untersuchung von Säugethierembryonen beschäftigt und dadurch eine Bestätigung und Erweiterung meiner früheren Mittheilungen [1]) gewonnen. Es ist mir wünschenswerth, Einiges darüber vorläufig anzugeben.

Das Ei des Meerschweinchens ist, ehe der Embryo auftritt, jederzeit unverletzt aus der Decidualcapsel isolirbar, verwächst niemals mit dem mütterlichen Gewebe, es ist sogar von der Capselwand durch eine homogene Haut getrennt. Letztere, die die gesammte Capsel innen auskleidet, deute ich als Rest der Zona pellucida, doch wird sie im Laufe der Entwicklung vom Capselepithel aus etwas verdickt. Die solide Zellenkugel in der Spitze der jungen Decidualcapsel entspricht, wie Reichert mit Recht hervorhebt, dem gesammten Ei-Inhalt. Am 8. Tage bildet sich in ihm eine Höhle, deren Wandung aus der Zellenmasse des äusseren (animalen) Keimblattes besteht, während über dieser Höhle, d. h. an der freien Spitze der Capsel, noch ein Haufen von Zellen des Ei's liegt, welcher als Dotterrest zu deuten ist. Während nun die Wandung der Höhle sich auf der unteren Seite des Ei's verdünnt und hier zum Hornblatt des Amnion wird, umwächst der Dotterrest das Ei und überzieht darauf die innere Wand der ganzen Decidualcapsel mit einer zelligen Aus-

---

1) Virchow's Archiv Bd. 30. p. 176. Bd. 31. p. 51. Schultze's Archiv Bd. 2. p. 423.

kleidung. Dadurch entsteht eine ähnliche Eibildung wie beim Kaninchen-Ei, insofern man jetzt eine Keimscheibe und eine Keimhaut unterscheiden kann, nur die Umkehr der Keimblätter und das frühe und eigenartige Auftreten des Amnion sind abweichend. Die weitere Entwicklung des Embryo ist in allen Einzelheiten ähnlich wie beim Kaninchen.

Bei diesem Thiere entsteht die Keimscheibe in der von Coste geschilderten Weise. Sie besteht zunächst aus zwei Lagen einfacher Epithelzellen; die innere hat abgeplattete, die äussere cylindrische Zellen. Das mittlere Keimblatt entsteht zunächst an einem Puncte der Peripherie der runden Keimscheibe; und zwar erweist sich dieser Punct als das hintere Ende des Keims. Das Blatt entsteht durch Theilung der Zellen des oberen Keimblattes; gleichzeitig mit ihrem Auftreten beginnt an der übrigen Fläche der Keimscheibe die Abscheidung einer homogenen Haut, der Membrana prima, vom äusseren Keimblatt her. Die Keimscheibe wächst nun vorzugsweise nach hinten bis zu langgestreckter birnförmiger Gestalt aus. Die Zellen des mittleren Keimblattes vermehren sich und schieben sich über die Peripherie der Keimscheibe hinaus vor, wandern auch unter der Membrana prima nach vorne hin, doch bilden sie hier stets nur eine dünne Lage. In der Mittellinie ist ihre Anhäufung etwas stärker und erscheint als Pseudoprimitivstreif. Während dieses Wachsthums entsteht, entsprechend etwa der Stelle, wo zuerst das mittlere Keimblatt entstand, eine Grube, die sich bald rückwärts zu einer Rinne, der Rückenmarksrinne, verlängert. Diese Rinne findet sich nur im äusseren Keimblatt, das innere zieht fast unverändert darunter fort und das mittlere fehlt hier ganz, ist dagegen an ihren Seiten zu den Urwirbelplatten, später den Urwirbeln verdickt. Man kann in diesen Stadien die drei Blätter des Embryo mit Leichtigkeit von einander lösen, nur am hinteren Ende der Rinne findet sich ein etwas verdickter Knopf, innerhalb dessen die Blätter untrennbar verbunden und durchwachsen sind. Dieser Punct verschiebt sich mit dem Wachsthum des Embryo und der Verlängerung der Rinne nach hinten. Ich fasse das Verhalten so auf, dass diese Verwachsung nach vorne zu fortwährend sich löst, indem dabei stets ein Stück Rückenmarkswand und Urwirbelplatte entsteht. Die Chorda dorsalis bildet sich nicht aus dieser verwachsenen Masse, wie ich es vom Hühnchen beschrieben habe, sondern erst später und zwar als mediale Längsfalte des unteren Keimblattes. In der eben beschriebenen Periode lässt sich schon ein Zusammenhang der Zellen der Urwirbelplatte durch

Fäden mit den Zellen der Rückenmarksrinne nachweisen, der fortan sich erhält. Ich halte diese Fäden für Nerven. Aus den Urwirbeln entwickelt sich das Gewebe der willkürlichen Muskeln. Ihre ursprünglich solide Zellenmasse theilt sich bald durch eine Horizontalspalte, die darauf zu einer Höhle wird, alsdann wird der hohle Urwirbel durch Entwicklung der Spinalganglien, der Wirbelmasse und der Urnieren seitlich und nach rückwärts gedrängt und abgeplattet, und entwickelt aus den Zellen der medialen Wand an der Oberfläche der Höhle Muskelfasern, während die Zellen der lateralen hinteren Wand sich länger unverändert erhalten, später und zwar im Muskelgewebe aufgehen. Die Zellen der Spinalganglien stülpen sich nach Schluss der Rückenmarksrinne einzeln aus der allmählig sehr dünn werdenden hinteren Wand des Rückenmarks, welche stets durch die Membrana prima streng von den Urwirbeln geschieden ist, hervor Diese Zellen entstehen beim Hühnchen merkwürdig genug nicht am Rückenmark, sondern als untere Zellenschicht des Hornblattes (Epidermis) hinten und seitlich vom Rückenmark. Sie sind hier sogleich höchst charakteristisch geformt und trennen sich später vom Hornblatt ab, um neben dem Rückenmark abwärts zu wachsen, stülpen sich aber auch hier nicht in den Urwirbel hinein. Bei Kaninchen, Schaaf und Meerschwein mangelt diese merkwürdige frühzeitige Verdoppelung der Epidermiszellen gänzlich.

Die Chorda wird von den Seiten her durch verzweigte Zellen umwachsen, welche in Gestalt embryonaler Bindegewebszellen die Grundlage der Wirbelsäule und Rückenmarkshäute abgeben. Dies Gewebe kommt von der Uebergangsstelle zwischen Urwirbel und Seitenplatten her und wird wesentlich durch die Einstülpung der Urnieren und des Müller'schen Ganges nach der Chorda hingedrängt. Die von His angenommene Einstülpung des Urnieren- und Müller-schen Ganges aus dem Hornblatt habe ich direct nachweisen können. Das äussere Blatt der Seitenplatten bildet die Bindegewebssubstanz der Cutis, deren Gewebe stets kleine Unterschiede von dem Blastem der Wirbelsäule zeigt. Die Gefässe entstehen in Form besonderer epithelartiger Zellen zwischen mittlerem und innerem Blatte, verzweigen sich in Form epithelialer Röhren und durchwachsen die Bindesubstanz, welche ich nicht, wie His es will, auf diese Zellen zurückzuführen vermag. Die Aortenepithelröhren werden umwachsen von Fortsätzen des Darmfaserblattes, welche mechanisch an sie herangedrängt werden und den Gefässen die Musculatur zu bringen scheinen,

höher oben giebt die homologe Lage des Embryo dem Herzen die Musculatur.

Das centrale Nervensystem ist in früher Zeit genau nach dem Typus geschichteten Cylinderepithels, wie Fr. E. Schulze ihn schildert, gebaut, das letzte Ende jeder Zelle und Faser liegt daher an der Oberfläche des Centralcanals, der durchaus kein besonderes Epithel beim Embryo besitzt. Später mit dem Verwachsen des weiten Centralcanals ändert sich das Verhalten, die Seitenanastomosen der Zellen bilden neue Nervenbahnen.

Der epitheliale Charakter des Marks verwischt sich dadurch, dass die vier Nervenwurzeln je einen Haufen Zellen heranziehen, welche von der Wandung des Centralcanals durch eine Zone zellenhaltiger, von der vorderen Commissur ausgehender Circulärfasern getrennt werden. Diese Circularschicht wird jedoch bald durch eine in Folge der sich mehrenden und verlängernden Zellenanastomosen äusserst massenhaften Bildung feinster Nervenfasern, die die Form grauer Molecularsubstanz annehmen, verwischt. Aus den zwei hinteren Zellenhaufen entwickelt sich, unter Rareficirung der Zellen, eine Abtheilung der hinteren Längsstränge, in den beiden vorderen treten später die grossen Ganglienzellen auf.

Das äussere Ende der ursprünglichen Rückenmarkszellen bleibt mit dem Epithel des Centralcanals durch eine Faser verbunden und heftet sich, in der Form dem inneren Ende der Radiärfasern der Retina entsprechend, an die Oberfläche der Pia mater. Ein wenig oberhalb dieses Ansatzes finden sich, ähnlich wie bei Key's Epithelzellen des Geschmacksorgans, Anastomosen dieser Fasern; aus diesen Anastomosen bilden sich allmählig die Faserzüge der Längsstränge, doch mit der oben erwähnten Ausnahme. Die hintere Commissur entsteht spät, indem hier die Zellen der Seitenhälften sich durcheinander schieben. Die Nervenfasern erhalten zunächst erst nach dem Durchtritt durch die Pia Kerne und Scheiden.

Meine Erfahrungen bestätigen in den Hauptsachen durchaus die Lehren Remak's.

Das Epithel der Papillae vallatae.

Vorläufige Mittheilung

von

Dr. G. Schwalbe.

Aus dem anatomischen Institute zu Bonn.

Während in den letzten Jahren unsere Kenntnisse von der Endigung der Sinnesnerven die grössten Fortschritte gemacht haben, blieb bisher gänzlich unbekannt, auf welche Weise bei den höheren Wirbelthieren und beim Menschen die Geschmacksnerven endigen. Für die niederen Wirbelthiere hat hier bekanntlich Axel Key [1]) durch seine schönen Untersuchungen über die Endigung der Nerven in den Papillae fungiformes der Froschzunge den ersten wichtigen Schritt gethan, und ist es mir angenehm, hier bemerken zu können, dass ich dessen Angaben über das Epithel dieser Papillen vollständig bestätigen kann. Für die Glossopharyngeus-Enden bei den Fischen liegen sodann Mittheilungen von F. E. Schulze [2]) vor, der den von Leydig [3]) beschriebenen sogenannten »becherförmigen Organen«

1) Ueber die Endigungsweise der Nerven in den Papillae fungiformes der Froschzunge. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond 1861.

2) Ueber die becherförmigen Organe der Fische. Zeitschrift für wissensch. Zoologie. Band XII, pag. 218.

3) Ueber die Haut einiger Süsswasserfische. Zeitschrift für wissensch. Zoologie. Bd. III. p. 3.

ähnliche Gebilde als die Endorgane des Glossopharyngeus im Gaumen und dem Zungenrudiment mehrerer Fische nachwies. Für analoge Verhältnisse in den Zungenpapillen der höheren Wirbelthiere und des Menschen liegt nur eine kurze Andeutung von M. Schultze vor, welcher, indem er in der Einleitung zu seinen »Untersuchungen über den Bau der Nasenschleimhaut« (Halle 1862 p. 10) über die damals noch nicht publicirten Beobachtungen F. E. Schulze's berichtete, sagt: »Auch für die Zunge der Säugethiere und des Menschen sind von Franz Schulze und mir entsprechende Stellen (d. h. mit abweichendem Epithel) aufgefunden worden.« Beide Forscher glaubten nämlich, wie M. Schultze mir mittheilte, auf der freien Fläche der Papillae vallatae den secundären Papillen entsprechende Löcher im Pflasterepithel gesehen zu haben, in deren Grunde fadenförmige Elemente zugespitzt endigten. Später konnte M. Schultze eine Bestätigung dieser Beobachtungen nicht finden und verfolgte die Angelegenheit nicht weiter. Ich habe dieselbe wieder aufgenommen und bin zu sehr bestimmten Resultaten gelangt, über welche ich hier vorläufig berichten möchte.

Meine Beobachtungen beziehen sich auf die Zunge vom Schaf, Rind, Pferd, Kaninchen, Hund und von der Katze.

Man muss bei der Betrachtung der Papillae vallatae die freie der Mundhöhle zugekehrte Fläche wohl scheiden von den Seiten derselben, die dem Ringwalle zugekehrt sind. Schon das bindegewebige Stroma der Papillen zeigt hier eine Verschiedenheit, indem auf der der Mundhöhle zugekekrten Seite zahlreiche secundäre Papillen stehen, während diese an den dem Ringwall zugekehrten Stellen wenigstens beim Schaf fehlen. Ueber und zwischen den secundären Papillen bietet nun das Epithel nichts Merkwürdiges dar; es ist eben mehrschichtiges Plattenepithel, um die secundären Papillen meist concentrisch geordnet und Stachel- und Riffzellen bergend.

Ganz andere Verhältnisse finden wir an dem durch den Ringwall geschützten Abhang der Papillen. Hier fällt zunächst auf, dass die Epithellage nur eine äusserst dünne ist, oft noch dünner, als der kleinste Zwischenraum zwischen Spitze der secundären Papillen und freier Oberfläche. Das Pflasterepithel ist hier bedeutend kleinzelliger und aus Stachelzellen zusammengesetzt. Vom Boden des Ringthales an bis nahe unter die freie Fläche der Papilla vallata wird nun diese dünne Epithellage von merkwürdigen Gebilden in gerader Richtung von der bindegewebigen Grundlage bis zu der dem

Ringthale zugekehrten Oberfläche durchsetzt. Dieselben sitzen mit nahezu kreisrunder Basis dem bindegewebigen Stroma auf und haben, von hier an nach aussen gerechnet, anfangs eine cylindrische Gestalt; dieser Cylinder nimmt aber allmählig an Dicke zu, erreicht nicht weit unter der Oberfläche des Epithels seinen grössten Durchmesser, um alsbald sich ziemlich schnell zu verschmälern und somit verjüngt unter einer Oeffnung im Pflasterepithel zu enden. Im Ganzen möchte ich das betreffende Gebilde in seiner Gestalt mit einer geschlossenen Knospe vergleichen; die zusammengelegten Spitzen der Blumen- und Kelchblätter würden dann dem Oberflächenende entsprechen.

Die Gestalt dieser Gebilde erkennt man schon deutlich an feinen Schnitten durch die ganze Papille, am besten aber im isolirten Zustande; und zwar eignet sich hierzu vorzüglich eine Ueberosmiumsäurelösung von 1 %. In dieser lässt man die Theile 24 Stunden liegen, um sie sodann fein zu zerzupfen. Man erkennt an den so isolirten Körpern auch sogleich, dass sie eine zusammengesetztere Struktur besitzen. Sie zeigen sich von der Spitze bis zur Basis gestreift; sodann bemerkt man zahlreiche elliptische Kerne darin, welche mit ihrem Längsdurchmesser in der Richtung senkrecht zur Oberfläche, also parallel der Streifung und dem Längsdurchmesser des knospenförmigen Gebildes liegen. Die dem Bindegewebe zugekehrte Basis ist rauh von hervorstehenden feinen Fäserchen.

Eine Isolirung der Elemente gelingt an Ueberosmiumsäure-Präparaten nur höchst mangelhaft; man muss, um dies zu erreichen, zur Anwendung der bekannten dünnen Chromsäure- oder doppeltchromsauren Kali-Lösungen schreiten. Dann erkennt man, dass das ganze Gebilde ein Bündel spindelförmiger Zellen darstellt, deren jede einen elliptischen Kern in einem verhältnissmässig kleinen Zellenkörper, einen peripherischen breiteren und centralen dünnen Fortsatz besitzt. Die am meisten an der Peripherie des Bündels gelegenen Zellen haben meist etwas grössere Zellenkörper und einen dickeren centralen Fortsatz.

Um sich nun über die Zahl dieser Gebilde zu orientiren, ist es nöthig, sich Flächenansichten der abschüssigen Seiten der Papillen zu verschaffen. Man erhält hier ein sehr zierliches Bild. Das Pflasterepithel bildet ein reichliches Maschenwerk und schliesst in den runden Maschen die becherförmigen hellen Spindelzellenhaufen ein. Stellt man auf die äusserste Oberfläche ein, so bemerkt man im Centrum jeder Masche einen kleineren hellen Kreis, den Ausdruck einer scharf-

begrenzten Lücke im Plattenepithel. Es ist dies die Zugangsöffnung zu den knospenförmigen Gebilden. Dieser Oeffnung zugekehrt und gegen sie convergirend sieht man dicht unter ihr feine Fäden, offenbar die peripherischen Fortsätze der beschriebenen Spindelzellen.

Nach Zusatz dünner Kalilauge zum frischen Präparat treten hier im Bereich dieser Oeffnung kleine glänzende Punkte hervor, welche die natürlichen Enden der peripherischen Spindelzellenfortsätze zu sein scheinen. Der Anblick erinnert nach M. Schultze sehr entschieden an das Aussehen der in ähnlicher Weise gruppirten von Franz Schulze entdeckten Nervenend-Härchen der Haut der jungen Fische und Amphibien [1]). Und in der That zeigten dünne nach Erhärtung in Ueberosmiumsäure gefertigte Schnitte der Papillae vallatae vom Ochsen sehr deutlich, dass aus der Spitze des becherförmigen Organes ein Bündelchen feiner, glänzender, starklichtbrechender Härchen oder Stiftchen hervorragte, welche entweder im Bereich der Oeffnung oder ausserhalb derselben ihre natürliche Lage hatten, in diesem letzteren Falle also frei über die Fläche der Schleimhaut hinausragten.

Die Zahl unserer becherförmigen Gebilde ist ausserordentlich gross. Sie stehen am ganzen Abhange der Papille so dicht bei einander, dass das zwei solcher Körper an ihrem grössten Umfange trennende Platten-Epithel nur halb so breit erscheint, als der Querdurchmesser des Bechers. Ferner ist von Wichtigkeit, dass ich sie an dieser durch den Ringwall geschützten Stelle bei allen von mir bis jetzt untersuchten Säugethieren vorgefunden habe. Sodann ist noch zu bemerken, dass an der gegenüberliegenden Seite des Walles, die ein dünnes Platten-Epithel trägt, sowie an den Papillae fungiformes der bisher untersuchten Thiere dergleichen Organe nicht gefunden werden konnten.

Nach Obigem kann es keinem Zweifel unterliegen, dass wir in den beschriebenen becher- oder knospenförmigen Gebilden bei Säugethieren die Analoga der Endorgane des Nervus glossopharyngeus gefunden haben, wie sie F. E. Schulze bei Fischen kennen lehrte. Ich stehe demnach nicht an, sie zu dem Geschmackssinn in eine bestimmte Beziehung zu setzen und belege sie nach dem Vorschlage meines hochverehrten Lehrers, des Herrn Professor M. Schultze,

---

1) Archiv von Reichert etc. 1861. Taf. XX. Fig. 2 b.

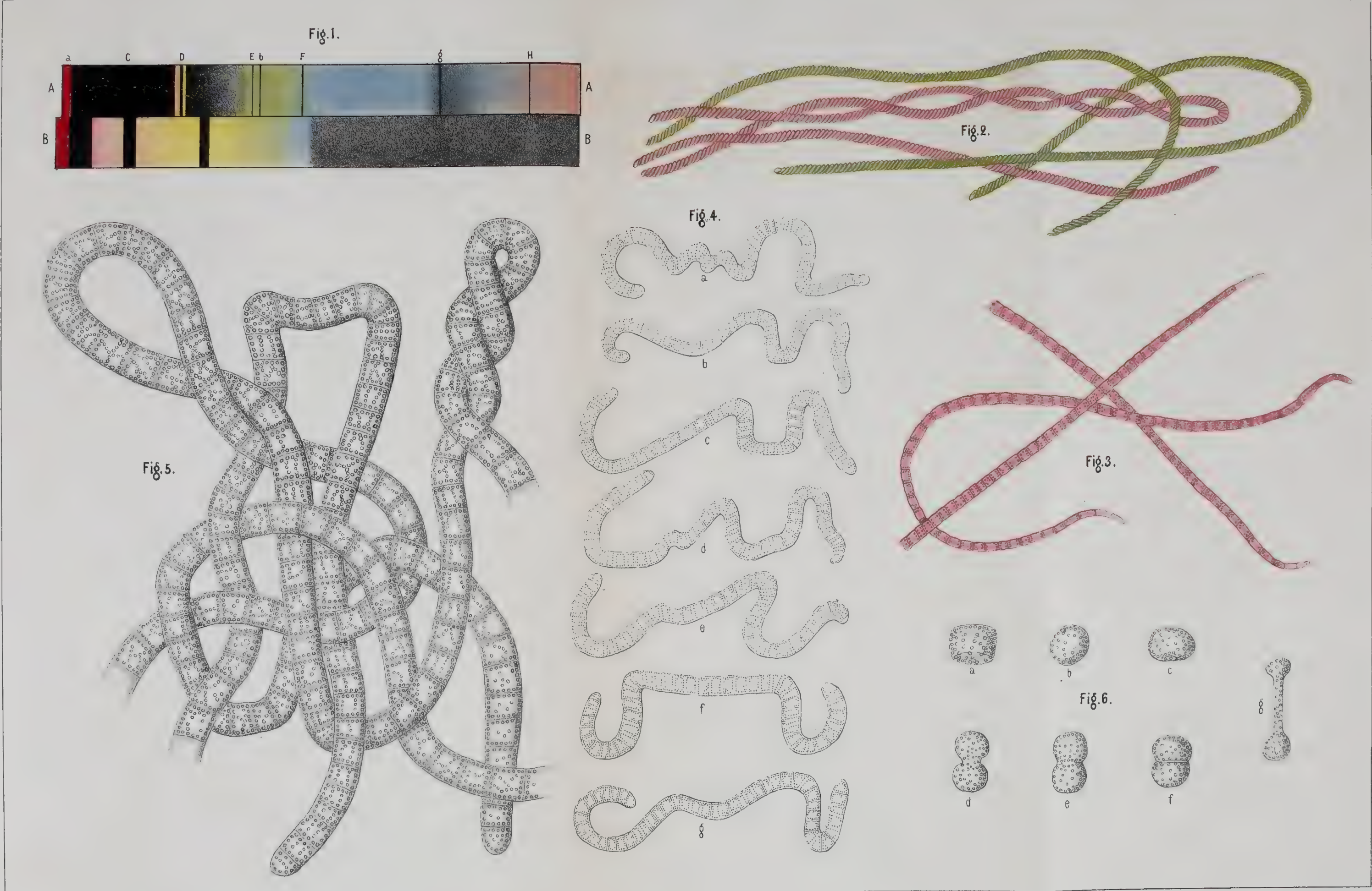
mit dem Namen Schmeckbecher. Eine weitere Aufgabe bleibt es, die nähere Beziehung zu den Nervenfäden der bindegewebigen Unterlage aufzudecken. Dieses Bindegewebe ist bekanntlich ausserordentlich reich an feinen Nervenfasern, deren einige W. Krause in der Spitze der secundären Papillen in Terminalnörperchen (Endkolben) endigen sah [1]). In Ermangelung endgültiger Beobachtungen enthalte ich mich zunächst noch näherer Angaben über den Nerven-Verlauf, der aus mancherlei Gründen nicht leicht zu erforschen ist.

Von nicht geringem Interesse muss es erscheinen, dass die Schmeckbecher die freie Fläche der Papillen meiden und nur an den durch den ringförmigen Wall und sehr engen Wallgraben geschützten Seitenflächen der Papillae vallatae vorkommen. So gelangen nur die Flüssigkeiten zu ihnen, welche durch die Capillarität in den engen ringförmigen Spalt eindrangen, und deren wird immer nur eine relativ geringe Menge sein. Die sehr enge Oeffnung im Pflasterepithel über jedem Schmeckbecher wird auch diese geringe Menge noch beschränken, sodass die in der Tiefe der letzteren blossliegenden Nervenenden sich jedes nur möglichen Schutzes erfreuen. Auch der Eingang in den Ringgraben ist oft noch schwer zugänglich gemacht durch ein Ueberhängen des Walles über die mittlere Papille, wie dies z. B. beim Ochsen der Fall ist. Durch solche Einrichtungen wird natürlich andrerseits die Zeit für die Dauer des Nachgeschmackes ansehnlich verlängert werden.

---

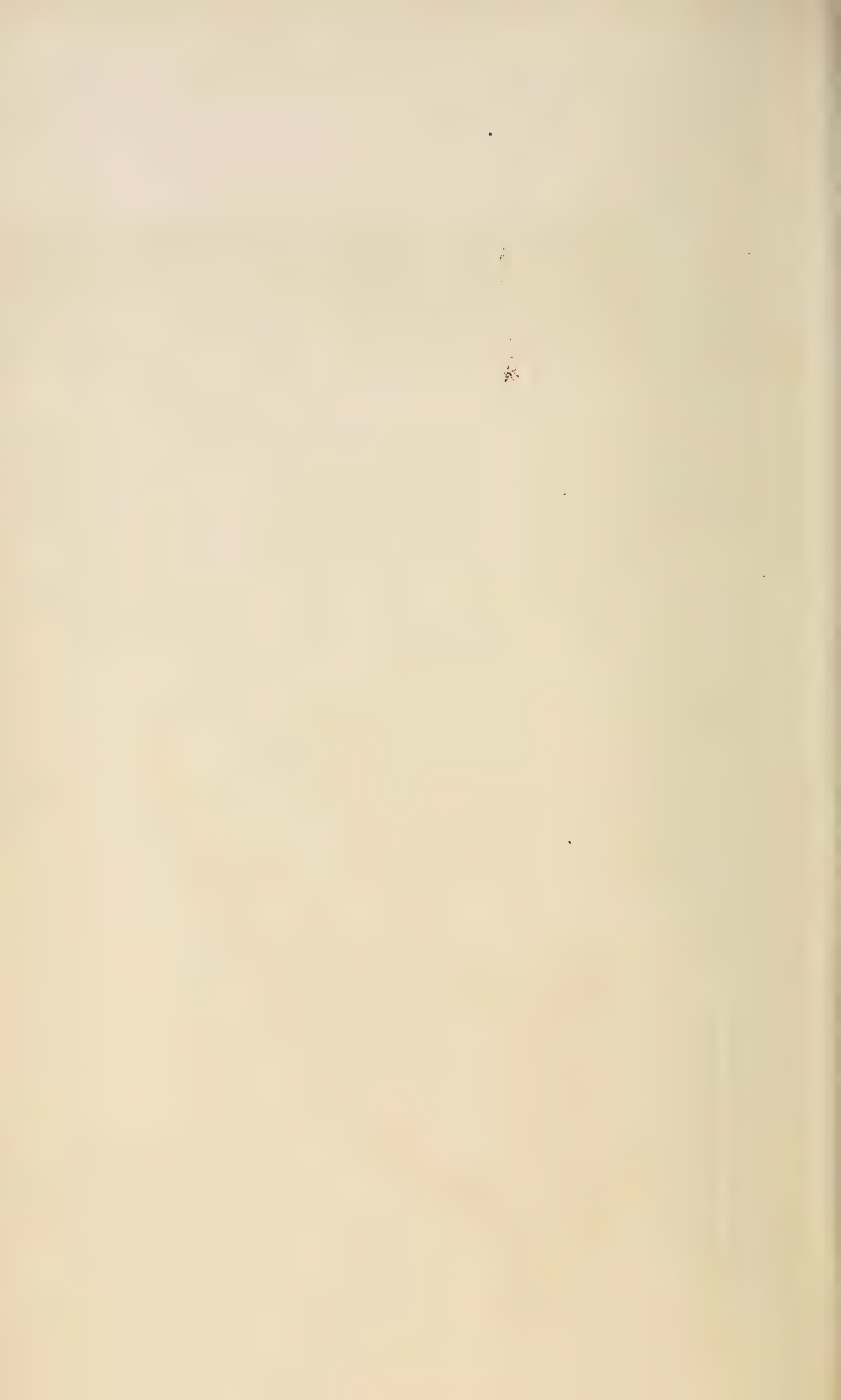
1) Göttinger Nachrichten 1863, p. 144.

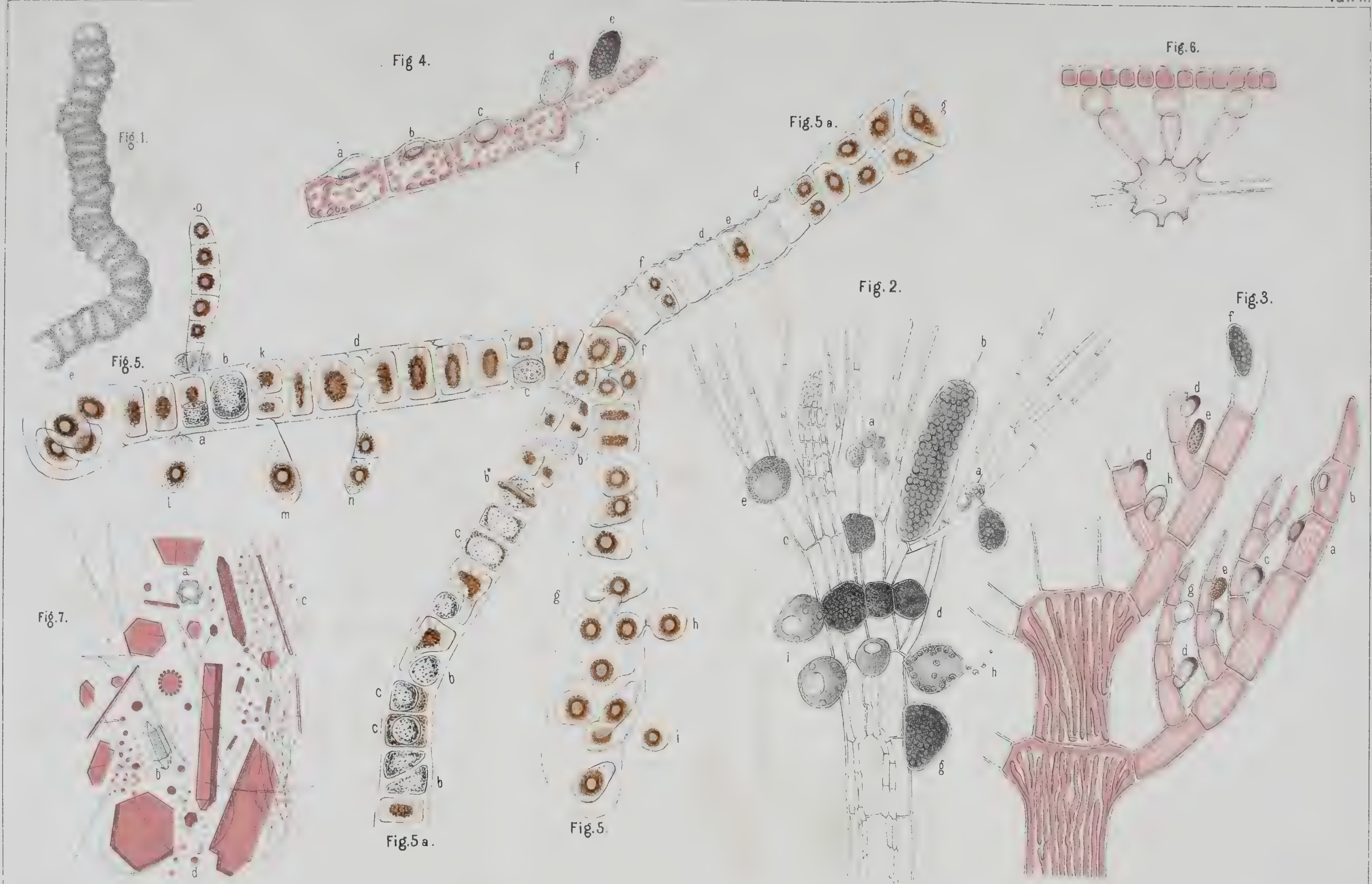
Druck von Carl Georgi in Bonn.



F. Cohn ad nat. del.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.

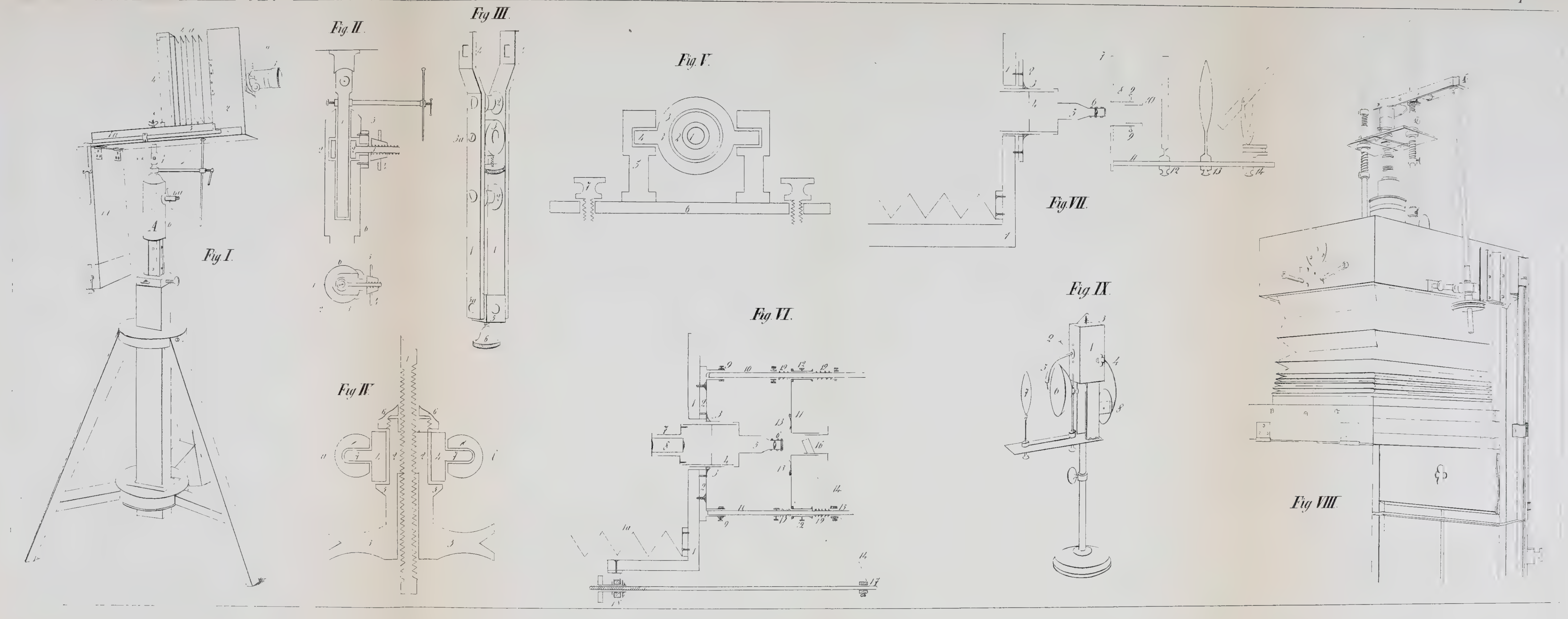




F. Cohn ad nat del.

Lith Anst v. J. G. Bach, Leipzig




Fig. I.
Fig. II.
Fig. III.
Fig. IV.
Fig. V.
Fig. VI.
Fig. VII.
Fig. VIII.
Fig. IX.

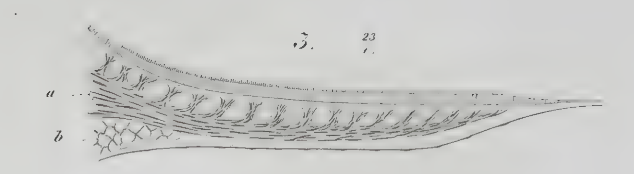



1
BC
GC
BC
BC
BC
2
GC
BC
BC
GC
BC
3
BC
GC
BC
GC
4
BC
GC
GC
BC
5
GC
BC
BC
GC
6
VP
GC
BC
GC
7
GC
GG
BC
BC
GC
8
GG

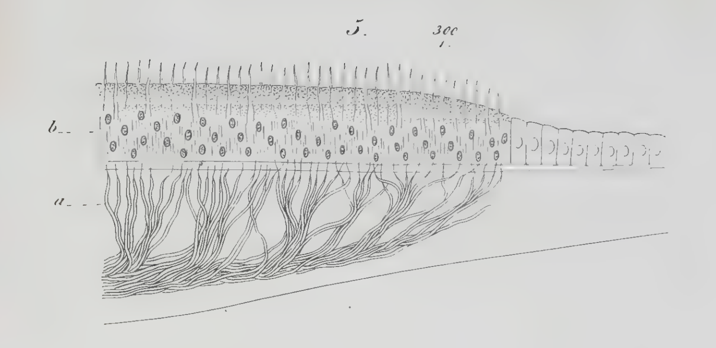


1. 18/1

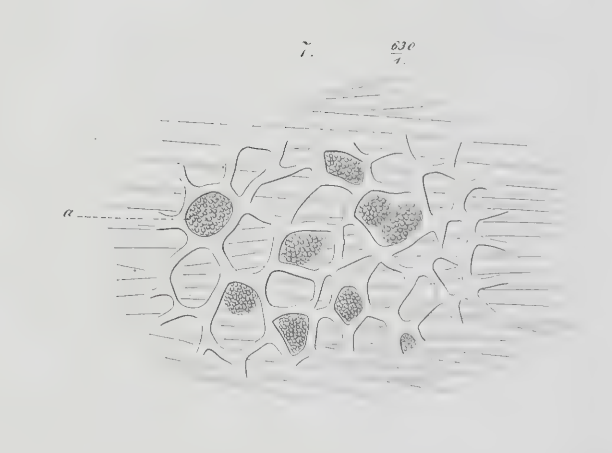
2. 18/1



4. 23/1
c
b
a

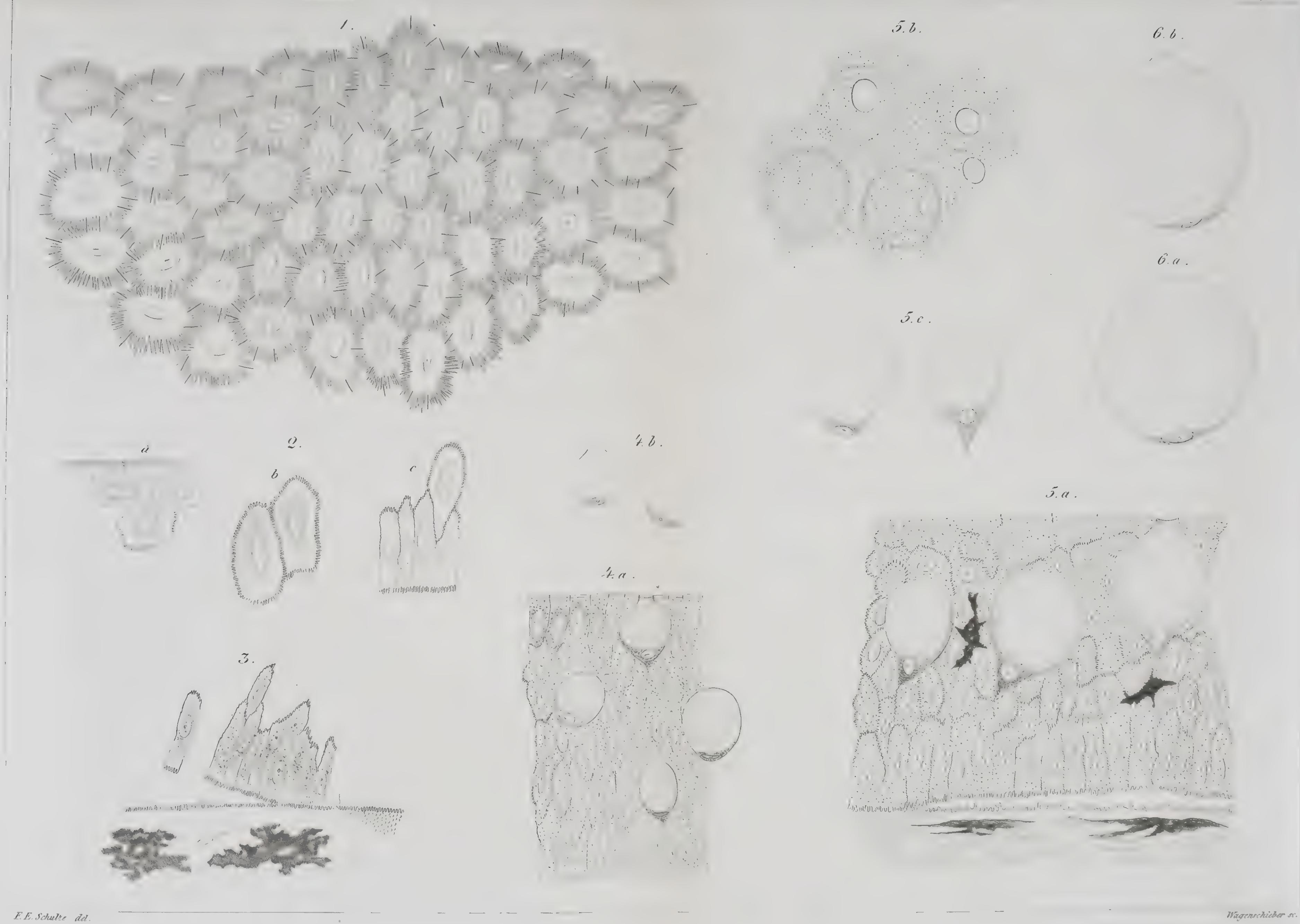


6. 630/1
c d e f g b h a k l m n

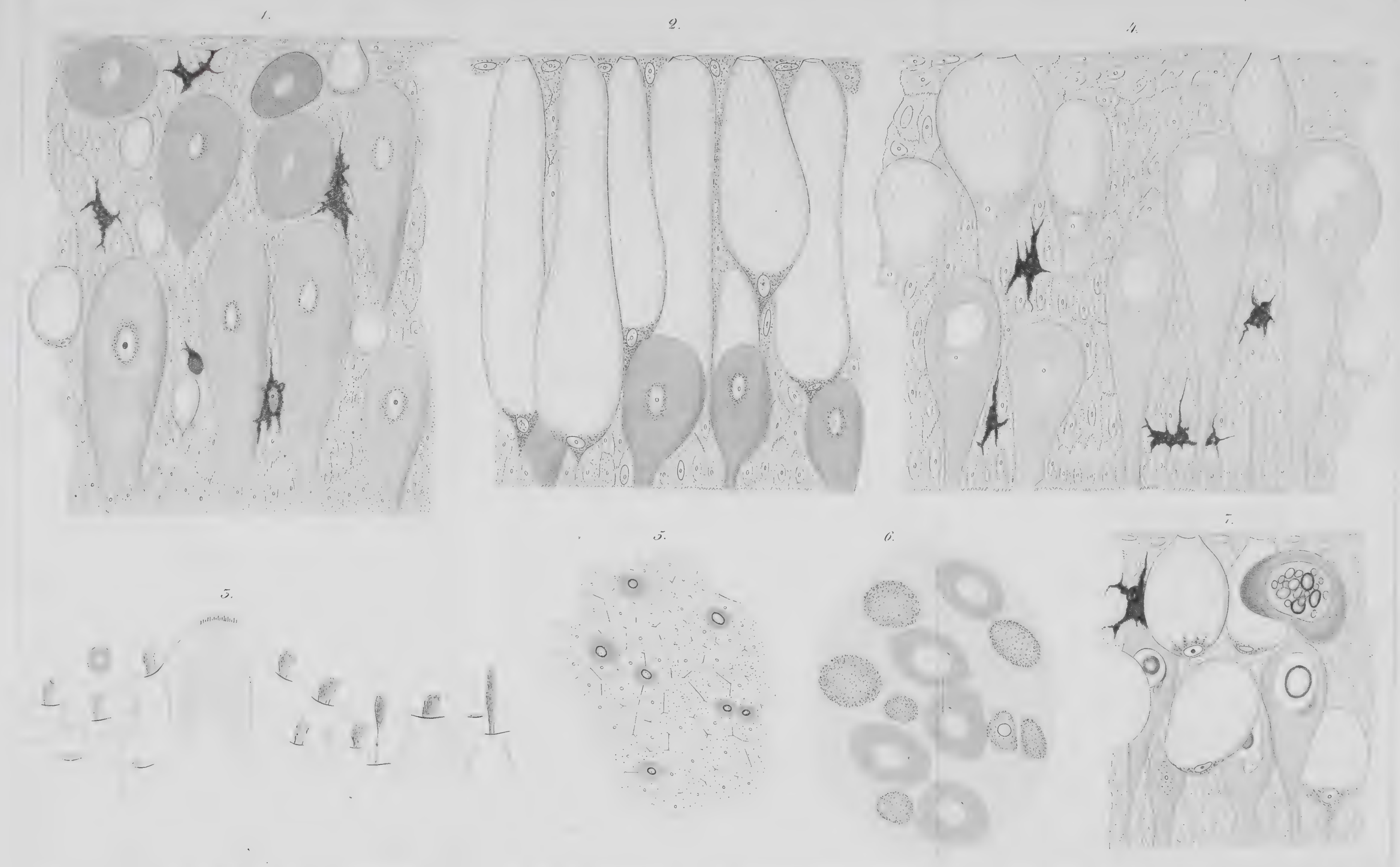


M. V. Odenius del. Wagenschieber sc.




1.
2.
a
b
c
3.
4.a.
4.b.
5.a.
5.b.
5.c.
6.a.
6.b.





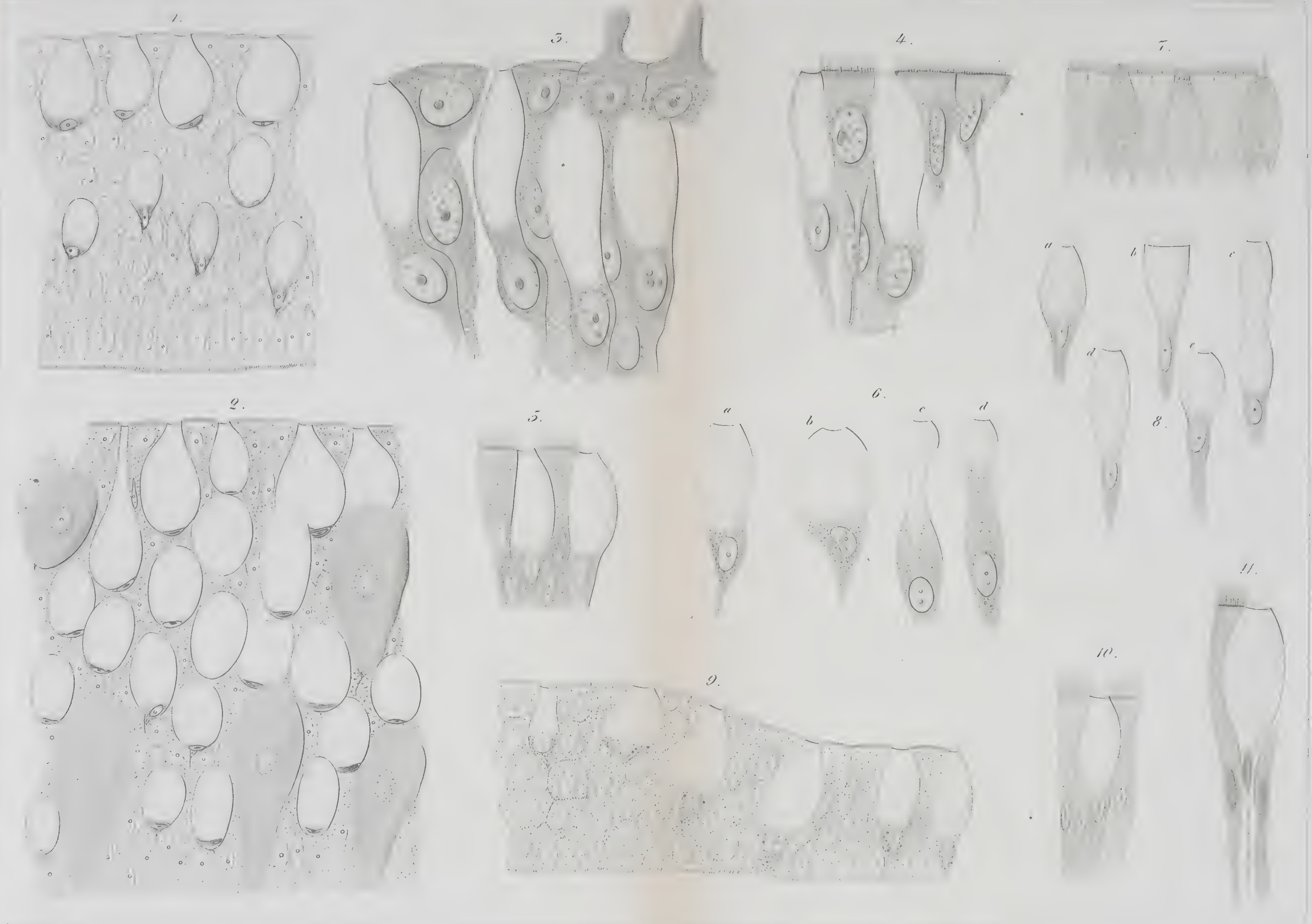
F. E. Schulze del. Wagenschieber sc.



F. E. Schulze del.

Wagenschieber sc.





F. E. Schultze del. Wagenschieber sc.



1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 16.

17. 18. 9. 8. 10.

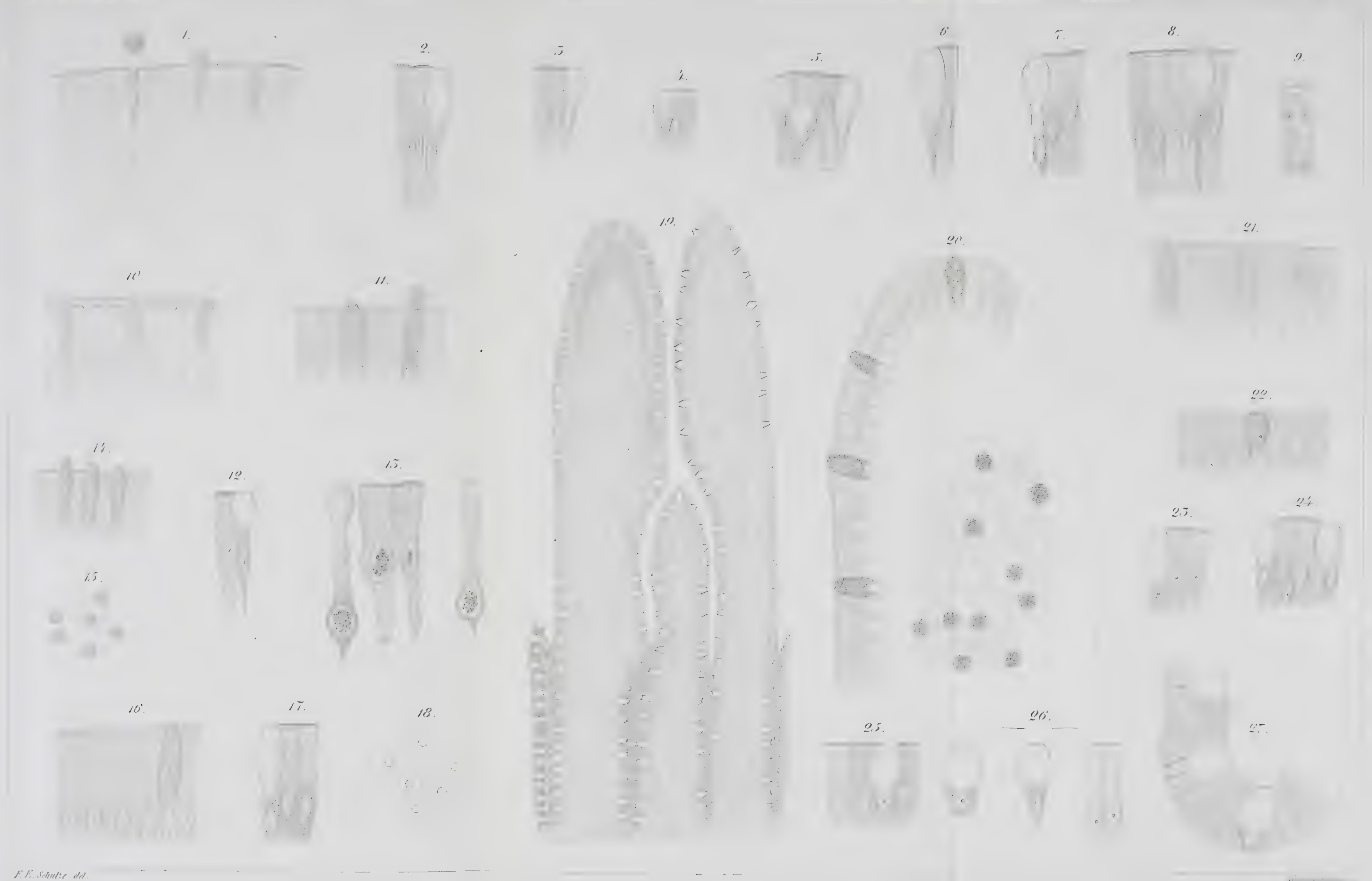
11. 12. 19.

13. 14. 15.

F. E. Schulze del.

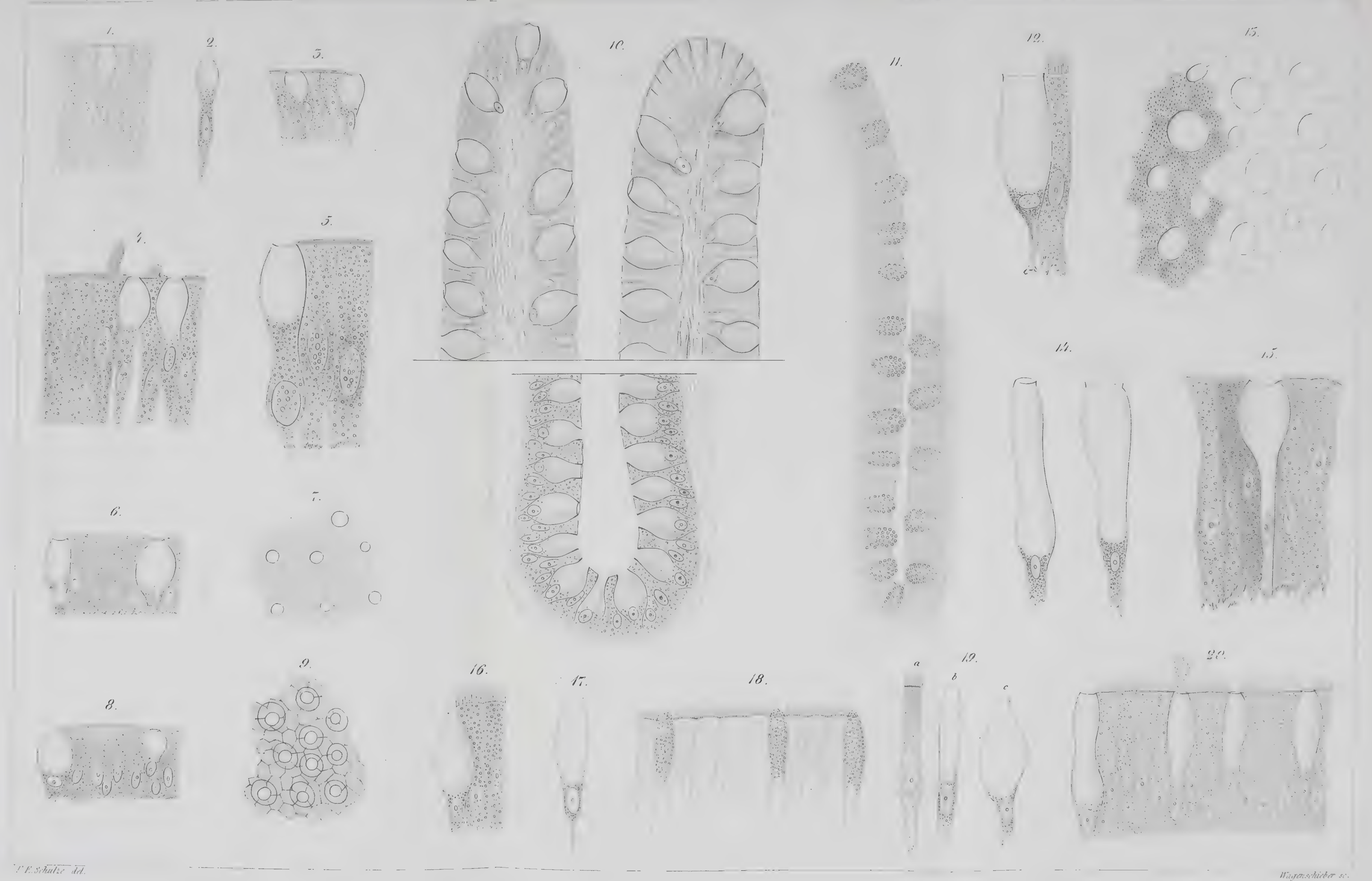
Wagenschieber sc.





F. E. Schulze del.



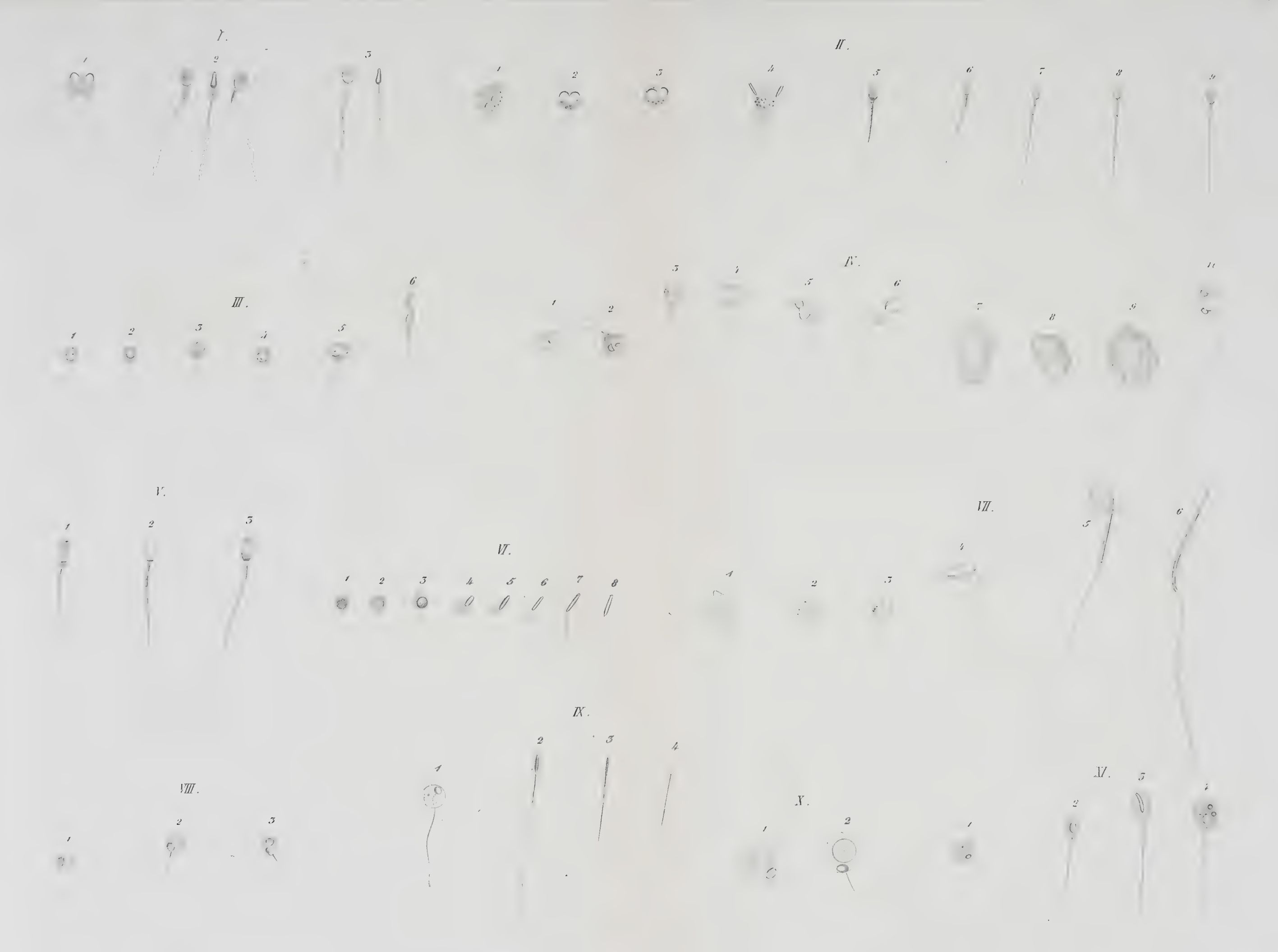

Archiv f. mikroskop. Anatomie. Bd. III.
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
a
b
c
20.





M. Schultze del. Wagenschieber sc.




I.
II.
III.
IV.
V.
VI.
VII.
VIII.
IX.
X.
XI.





Del. autor et Brzesniewski

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.



del. autor et Brzesniowski.

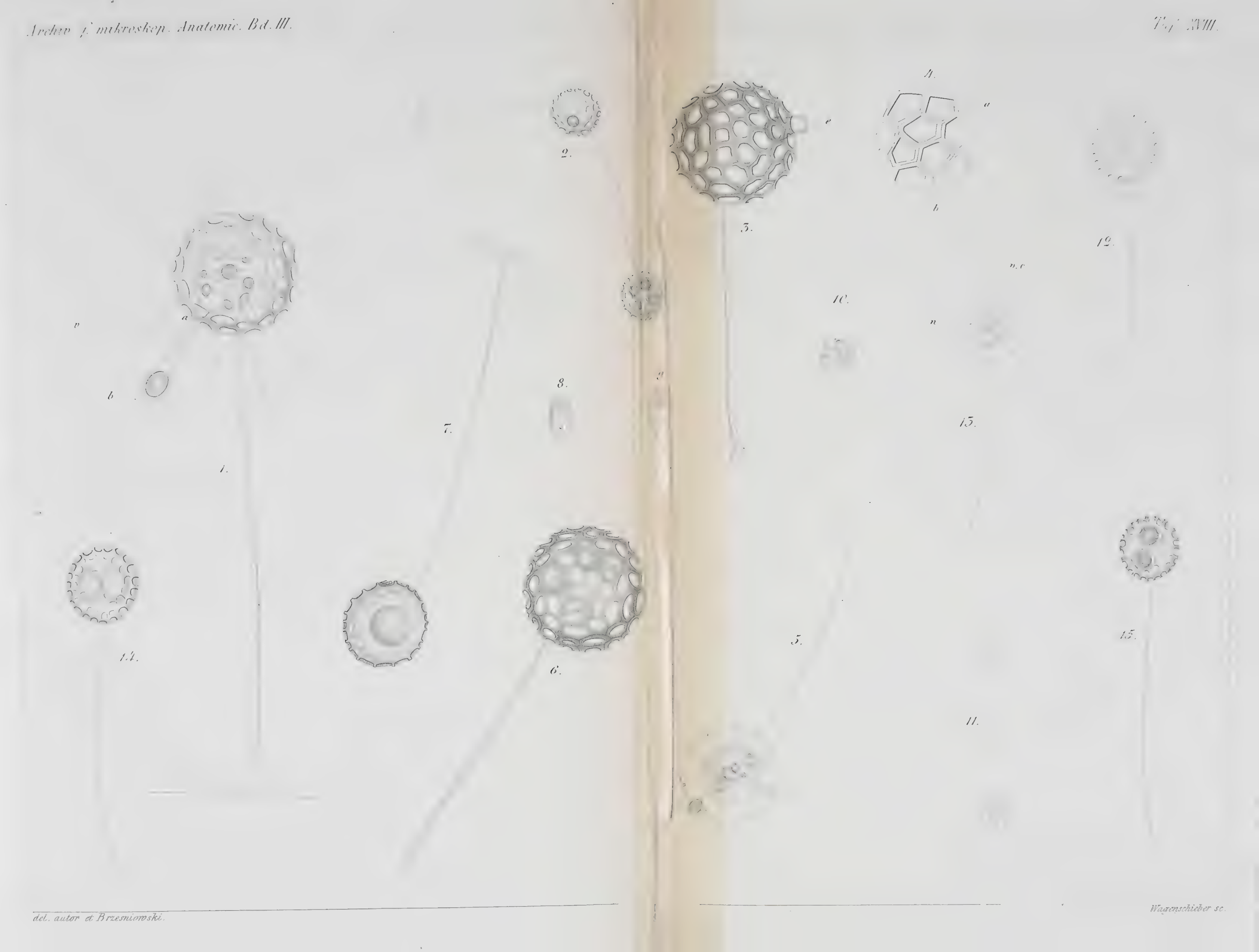
Wagenschieber sc.



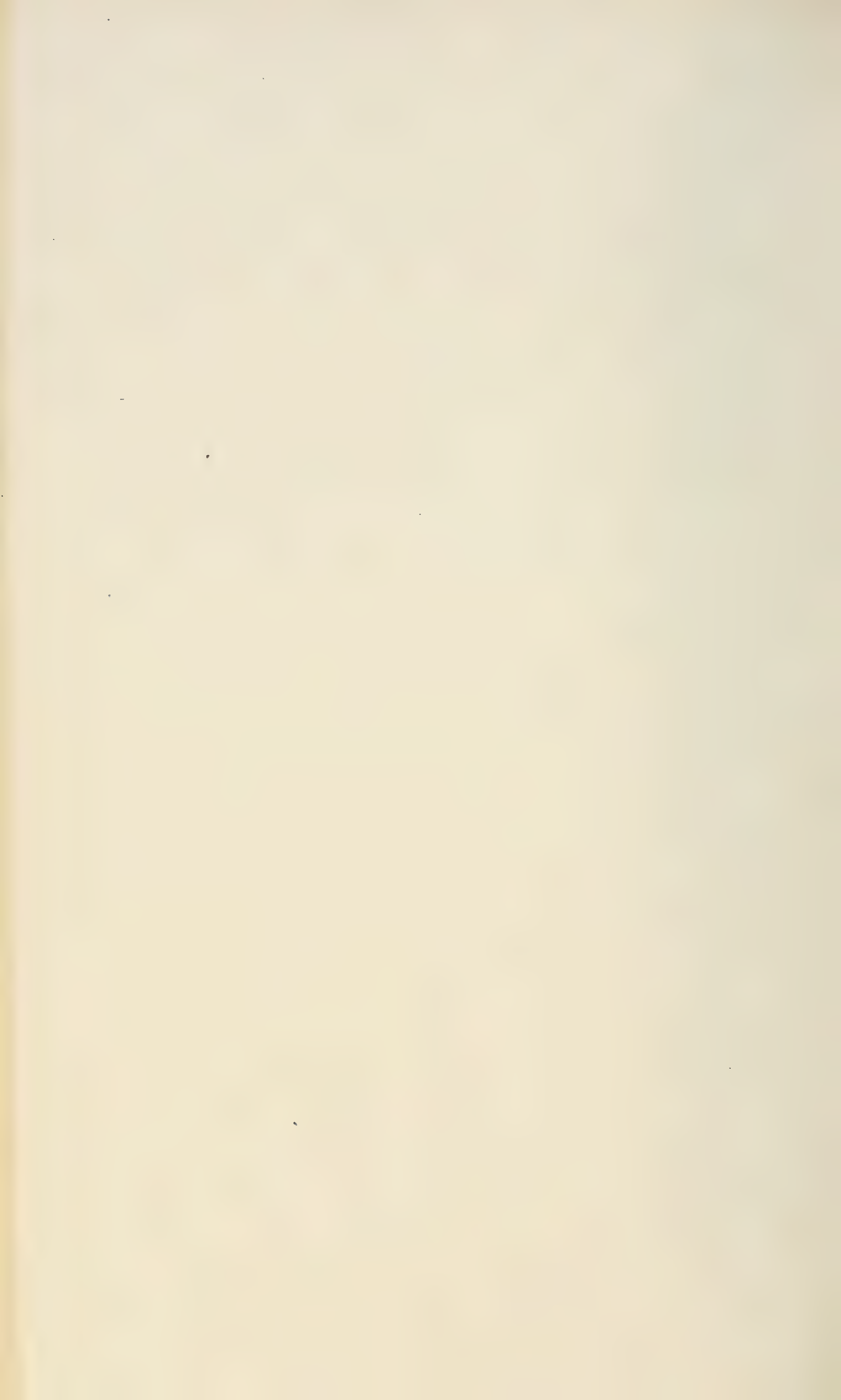
del. autor et Brzesniowski.

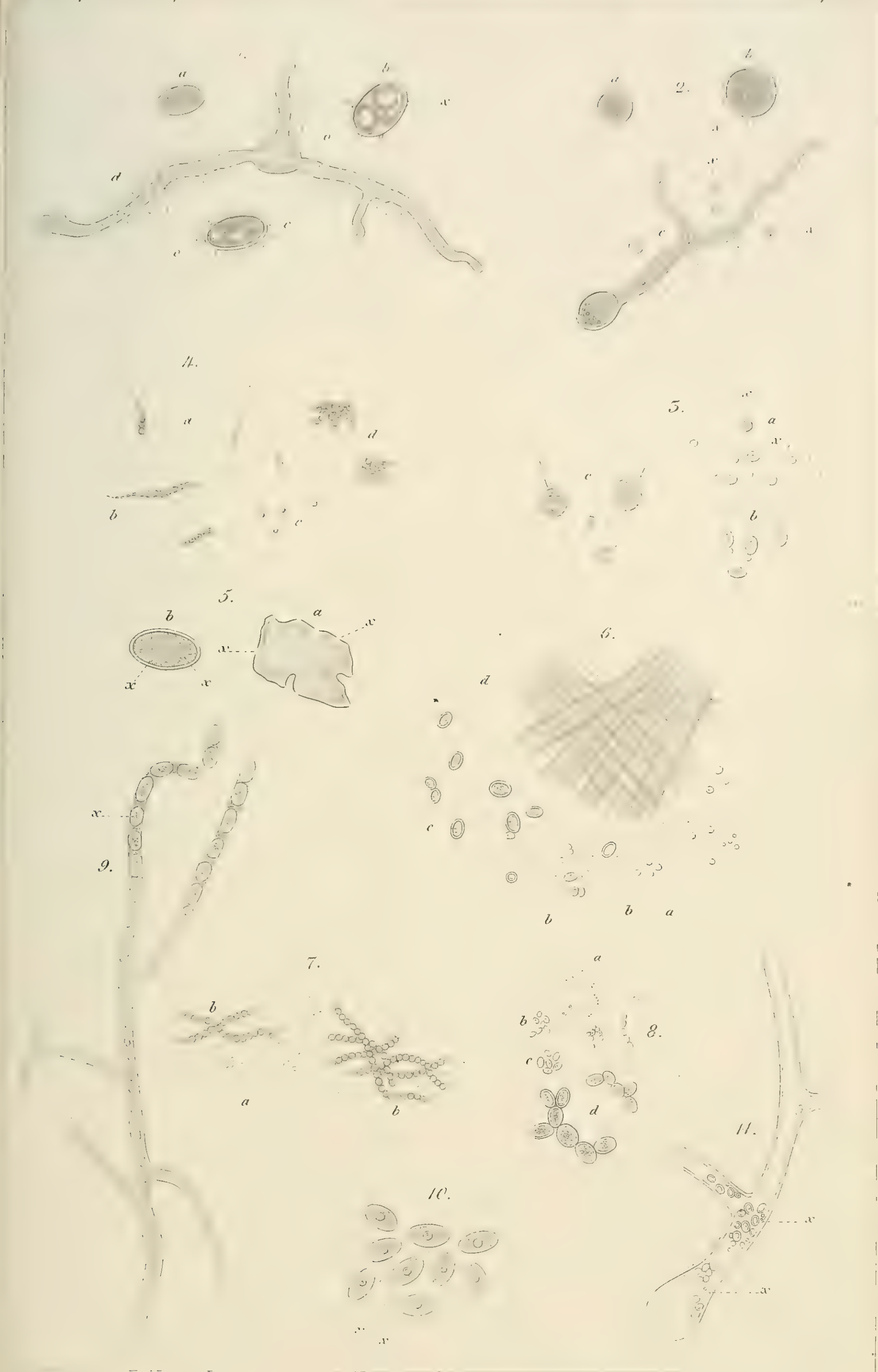
Wagenschieber sc.



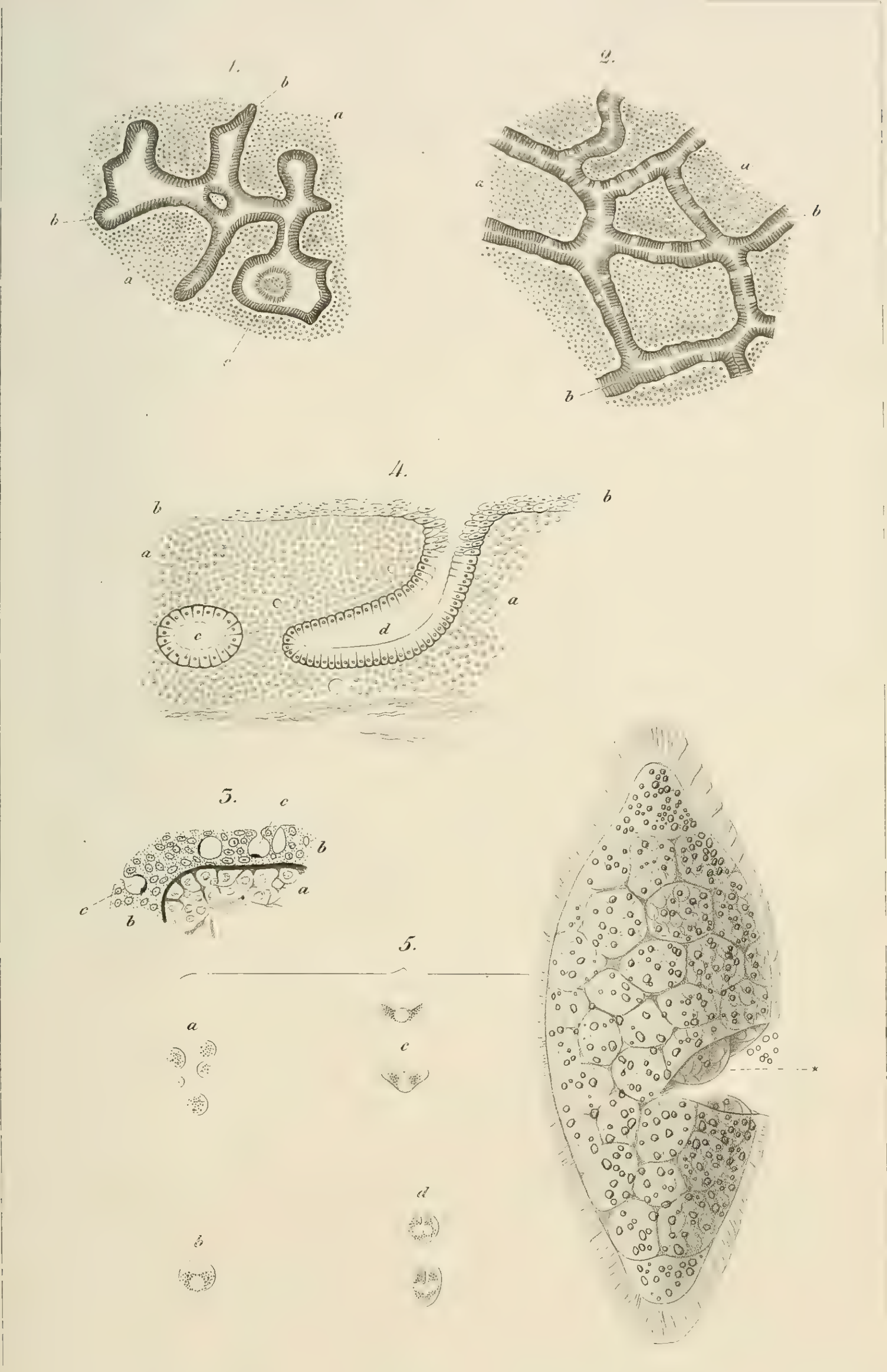


del. autor et Brzesniowski. Wagenschieber sc.









Wagenschieber sc.



Fig. 1.

a
b
c
B
A
d
e

Fig. 2.

a
b
c
d
e
f
e

Fig. 3.

c
b
a




Fig. 1.
A
a
b
c
d
Fig. 2.
A
a¹
a²
b
d
e
c
Fig. 3.
a
b
c
d
e
f
g
h
Fig. 5.
a
b
c
Fig. 4.
a
b
c
d
e
Fig. 6.
a
b
d
Fig. 7.
a
b
c
Fig. 8.
a
b
c
Fig. 9.
a
b
c
d

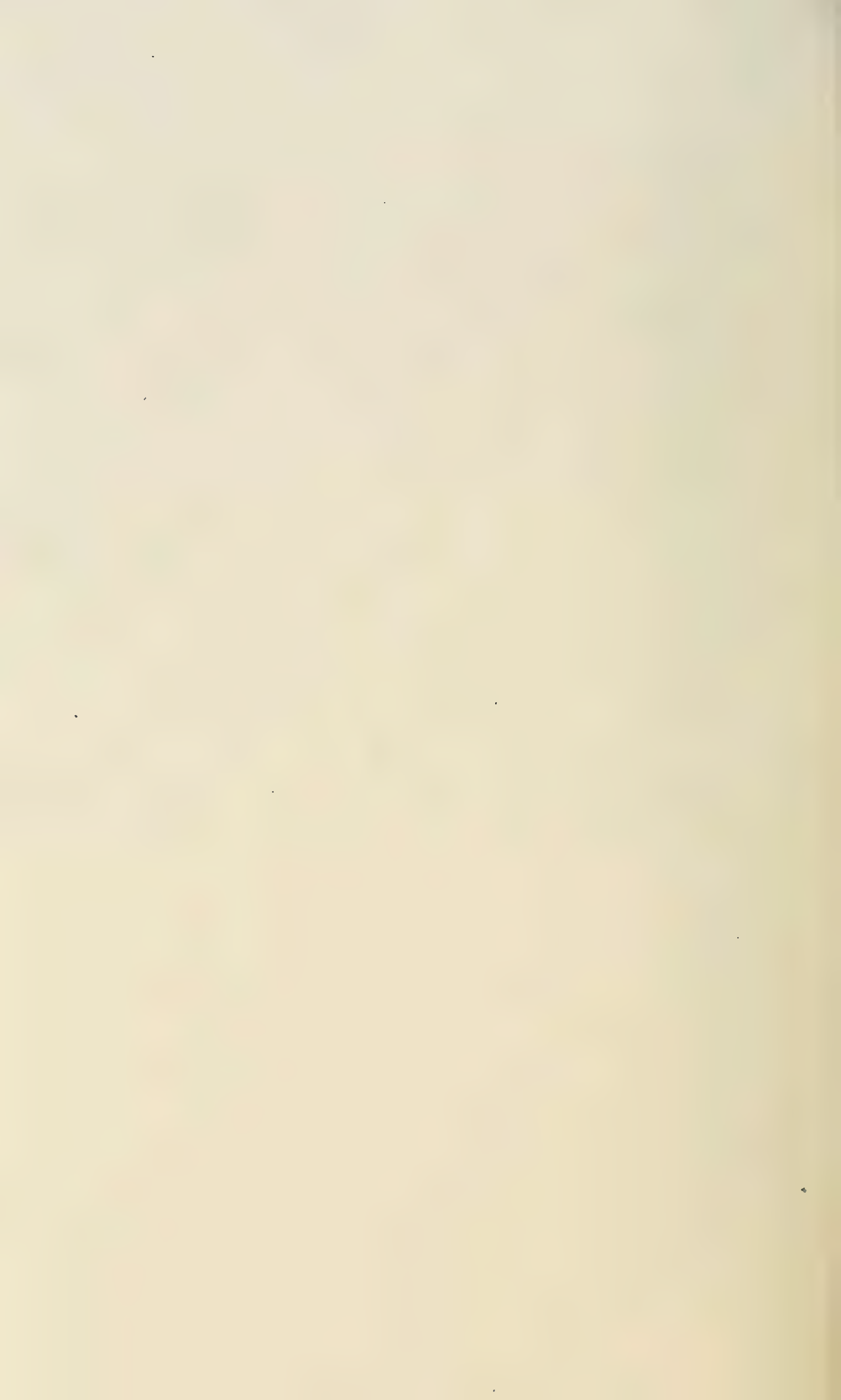


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

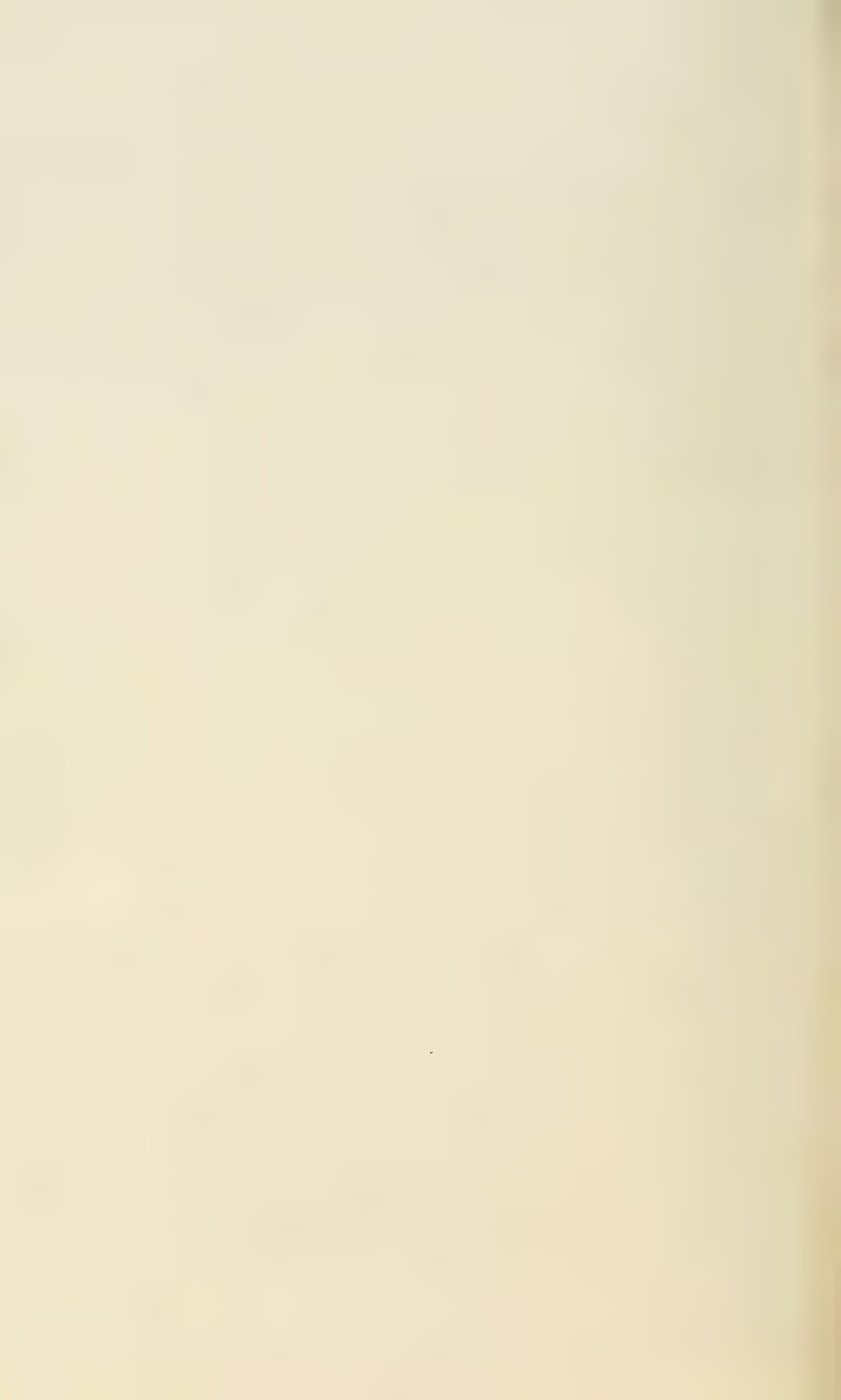
Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

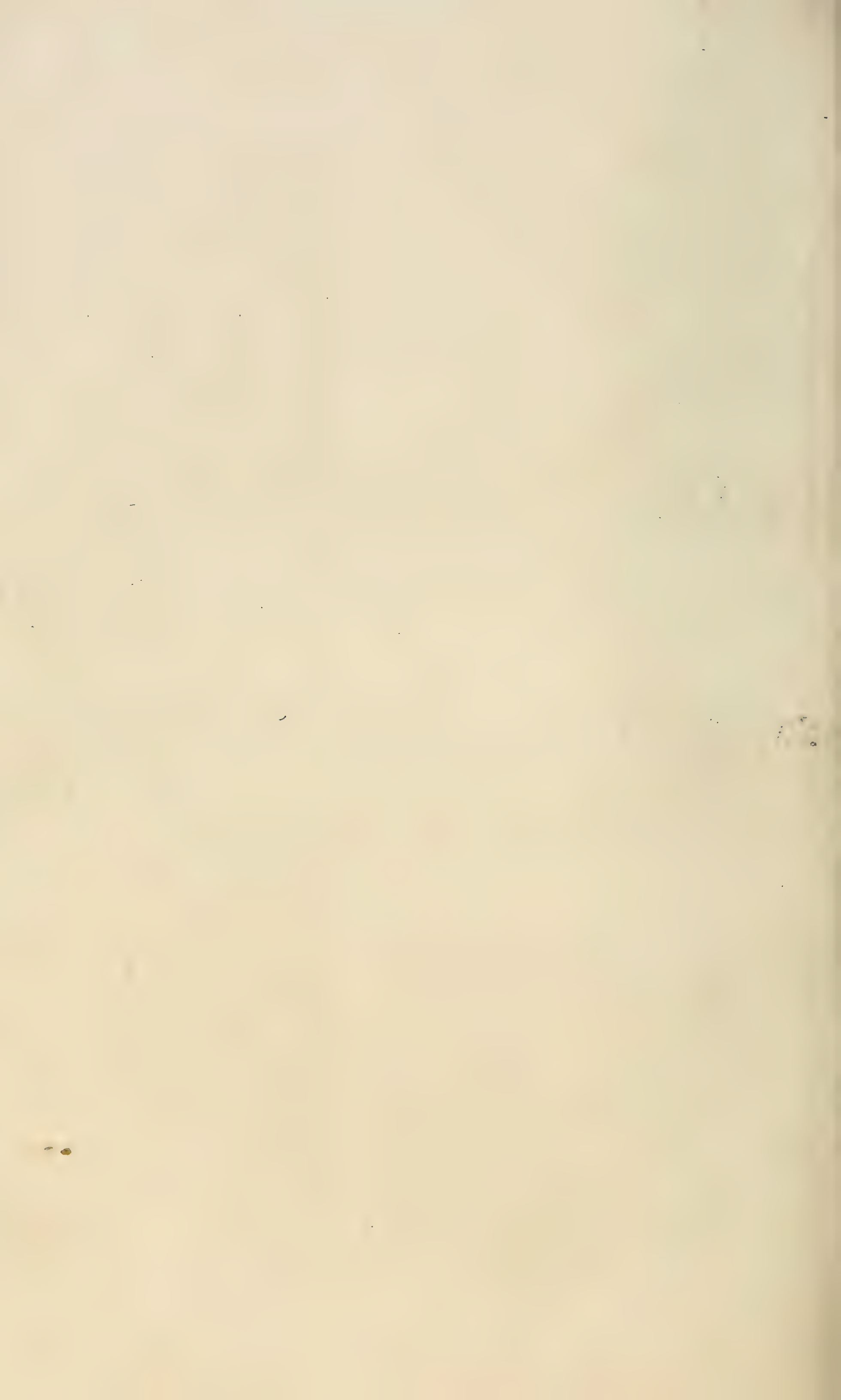
Fig. 7.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig



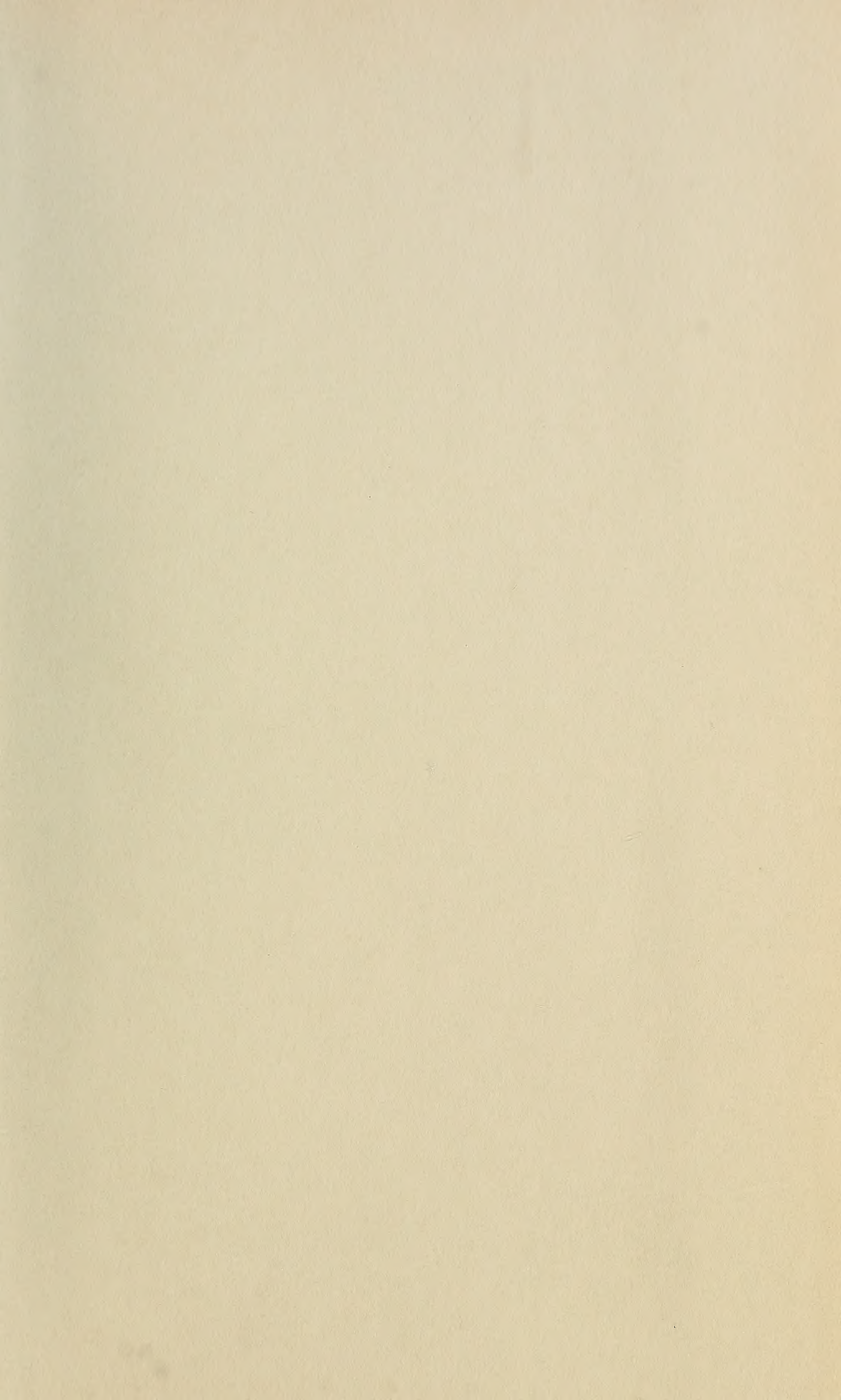


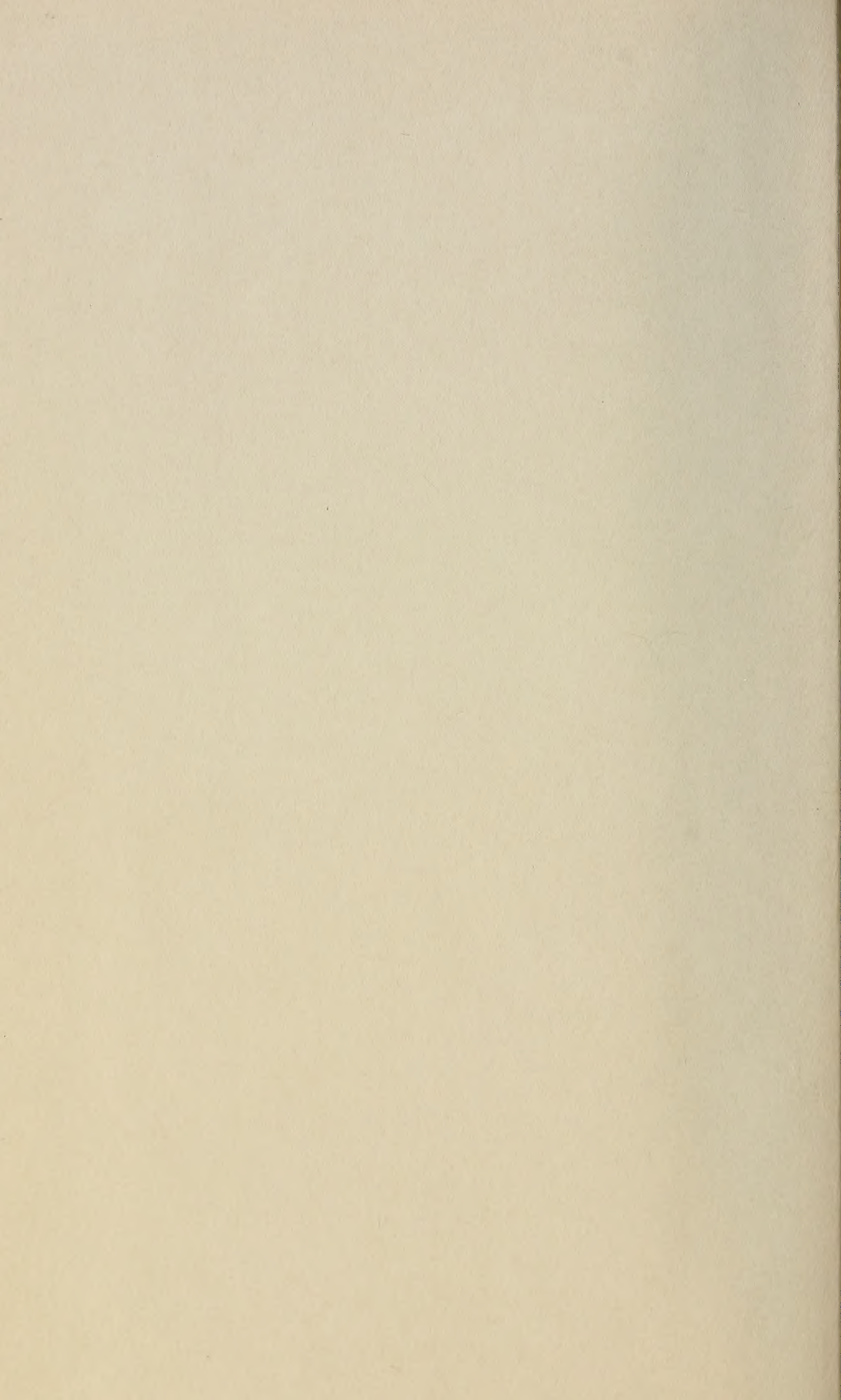
F. S. Schulze ad. nat. del.

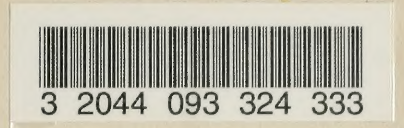











3 2044 093 324 333

